ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 DÉCEMBRE 1925.

PRÉSIDENCE DE M. E.-L. BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du décret, en date du 18 décembre 1925, qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **H. Kamerlingh Onnes** pour occuper la place d'Associé étranger, vacante par le décès de Sir *Archibald Geikie*.

Il est donné lecture de ce décret.

MÉCANIQUE. — *Sur les transmissions élastiques*. Note de M. **L. Lecornu**.

Dans une Note récente ([1]) M. A. Blondel compare les résultats qu'il a obtenus au sujet de la résonance des arbres de transmission avec ceux que j'avais moi-même indiqués ([2]) et fait remarquer que nous sommes partis de conceptions très différentes. Il est exact que, négligeant les vibrations propres du vilebrequin, j'ai assimilé celui-ci, à l'intérieur du moteur, à un solide invariable, et je reconnais volontiers que cette simplification cesse d'être légitime quand on considère un long vilebrequin à six coudes, comme celui dont parle M. Blondel. Mais il n'en est pas toujours ainsi. Si l'on envisage, par exemple, un moteur en étoile, pour lequel le vilebrequin est très ramassé, les axes des cylindres se trouvant tous placés dans un même plan perpendiculaire à l'arbre, on est fondé à admettre que ce vilebrequin ne se déforme pas sensiblement pendant la marche.

Au surplus, mon but était seulement de souligner le danger auquel on s'expose quand on remplace, sans mûr examen, un accouplement rigide

---

([1]) *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 895.

([2]) *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 992 et 1254.

par un accouplement élastique, parfois susceptible d'aggraver les phénomènes de résonance. C'est en somme une question d'espèce : tout dépend de la nature du moteur, de son mode de construction et aussi du degré de flexibilité de l'accouplement.

ASTRONOMIE. — *Sur la photographie des étoiles en plein jour.* Note de M. **Maurice Hamy.**

La présente Communication a pour objet de faire connaître les premiers résultats obtenus d'après la méthode exposée antérieurement ([1]). Son application nécessite, comme on l'a vu, la connaissance de la valeur du demi-diamètre angulaire ε des images photographiques naissantes des étoiles, au foyer d'une lunette astronomique. Cette valeur a été déterminée en mesurant les largeurs d'images stellaires obtenues photographiquement, pendant la nuit, à travers écran rouge, au petit équatorial coudé. Le nombre trouvé $2\varepsilon = 3''18$ a été adopté. Cependant l'objectif de l'équatorial, calculé pour l'observation visuelle, n'étant pas corrigé des aberrations correspondant aux radiations rouges, ce nombre peut être trop élevé. En fait, on admet généralement que le diamètre angulaire des images photographiques stellaires ordinaires, provenant des perturbations atmosphériques, par temps normal, est voisin de $2''$. Quoiqu'il en soit, il est facile d'évaluer la différence entre les résultats obtenus, pour la limite de magnitude des étoiles photographiables en plein jour, en adoptant le nombre $2\varepsilon = 3'',18$, et ceux auquels on arriverait en prenant pour le diamètre en question, une autre valeur de $2\varepsilon'$. Nous reviendrons plus loin sur ce point.

Des expériences, à des altitudes supérieures à 3000^{m}, ont été faites l'été dernier dans le massif du mont Blanc : au glacier de Tête-Rousse (3167^{m}), à la pointe d'Orny (3274^{m}), près de la cabane Dupuis (3140^{m}). Le ciel était d'une grande pureté; aucune auréole lumineuse n'était visible autour du Soleil. Opérant vers le milieu du jour, on a trouvé que la limite extrême d'impression photographique ([2]), visible sur les clichés, à 90° du Soleil, se rapporte à la 6,5 magnitude. A 10° de l'astre, elle tombe à la 5,5 magni-

---

([1]) *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 407.

([2]) Voici ce qu'il faut entendre par cette expression : On suppose repéré l'endroit de la plaque sensible où doit se trouver l'image et l'œil perçoit une trace d'impression à cet emplacement.

tude. Dans l'un et l'autre cas, pour atteindre ces limites, avec une lunette astronomique, il faudrait lui donner une longueur focale atteignant environ une dizaine de mètres. Des essais exécutés en plaine, dans la Sarthe, par ciel clair, ont fourni la sixième magnitude comme limite d'impression à 90° du Soleil. La troisième magnitude, obtenue facilement à 20° du Soleil, est la limite extrême enregistrée à 10° de l'astre.

Ces résultats comportent plusieurs remarques :

1° Ils peuvent être affectés d'une erreur systématique non négligeable, l'image photographique, au foyer d'une lunette astronomique, étant la résultante de nombreuses poses très courtes superposées, tandis que l'impression de l'étoile artificielle, utilisée dans les expériences, provient d'une pose continue. De plus le noircissement de l'image astronomique peut ne pas être tout à fait uniforme, tandis que celui de l'image artificielle est partout le même. Enfin il règne une certaine incertitude sur la valeur de ε à employer. Des comparaisons seraient donc à exécuter, dans une station convenable, pour se rendre compte de l'influence de ces causes d'erreurs. On pourrait, par exemple, dans un observatoire bien placé au point de vue de la pureté du ciel, photographier les Pléiades, en plein jour, à travers écran rouge, lorsque cet amas est à peu près à 90° du Soleil ([1]). Simultanément on chercherait, par la méthode suivie dans les expériences, la limite de magnitude photographiable à 90° de l'astre. Cette limite, comparée à celle résultant de l'examen du cliché astronomique, fournirait l'inconnue à déterminer. Il faudrait d'ailleurs prendre des dispositions capables d'empêcher le passage, devant l'objectif de l'équatorial, de masses d'air ascendantes échauffées par contact avec le sol, à proximité, cause principale de perturbation des images pendant le jour.

2° Le contraste, sur un cliché développé, de deux régions soumises, pendant le même temps, à des éclairements différents, varie avec la marque des plaques et la nature du développement. Gêné par le mauvais temps persistant et n'ayant pu mettre à profit que de rares et courtes éclaircies, j'ai dû me borner à opérer avec une seule marque de plaque. D'autre part, les développements, effectués sur place, par des moyens rudimentaires, dans des cabanes de haute montagne, n'ont pu être conduits avec tout le soin désirable. En conséquence, il n'est pas impossible que les résultats puissent être améliorés en élargissant le champ des expériences.

([1]) Vers le 22 août, il conviendrait de faire l'observation 3 heures environ avant le passage du Soleil au méridien.

3° Pour opérer dans le voisinage du Soleil, il faut abriter l'objectif contre les rayons de l'astre, à l'aide d'un écran opaque; encore doit-on prendre garde à la lumière diffractée par les bords de cet écran. Cette nécessité s'oppose, pour le moment, à la réalisation d'expériences effectuées tout près du disque. Par ciel pur, en haute montagne, en masquant le Soleil avec la main, à longueur de bras, on ne perçoit aucune illumination autour de l'astre. Le fond du ciel, tout près du disque ou à quelques degrés, présente même apparence. Aussi les résultats seraient-ils très sensiblement les mêmes, en opérant tout près du disque ou à quelques degrés, s'il était possible, dans le premier cas, de se débarrasser du rayonnement direct de l'astre sur l'objectif.

4° Les expériences ont été faites, en employant des temps de poses de durées croissantes, le plus long correspondant à une impression du fond du ciel fournissant un ton franchement noir après développement. On est alors certain d'avoir atteint ou traversé la région d'exposition normale de la plaque sensible. Un excès de pose serait sans effet, pour augmenter le contraste et tendrait même à le diminuer, au cas où cette région viendrait à être dépassée [1].

5° Si au lieu du nombre $2\varepsilon = 3'',18$, adopté comme diamètre linéaire des images stellaires naissantes, sur la plaque photographique, on prenait une autre valeur $2\varepsilon'$, les conditions de disparition des images, dans le fond impressionné du ciel, ne seraient plus les mêmes. Désignant par M la magnitude limite correspondant à ε, par M' celle correspondant à ε', les relations établies précédemment donnent

$$M' - M = 5 \log \frac{\varepsilon}{\varepsilon'}.$$

La longueur focale F de la lunette, correspondant à ε, doit d'ailleurs être remplacée par $\frac{\varepsilon}{\varepsilon'} F$.

Si $2\varepsilon'$ était égal à $2''$, il en résulterait $M' - M = 1$. On gagnerait une magnitude.

---

[1] Au sujet des propriétés de la plaque photographique, voir H. Buisson et Ch. Fabry, *Revue d'optique théorique et instrumentale*, 3, 1924, p. 1 à 27.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur les éléments minéraux associés à l'oxyhémoglobine du sang de cheval.* Note de MM. A. **Desgrez** et J. **Meunier**.

Nous avons établi ([1]) la présence constante du lithium dans le sérum du sang de cheval, aussi bien que dans le sang total, et mis en évidence une certaine affinité sélective entre les composés minéraux existant dans le sang et l'ensemble des éléments de ce liquide. Une telle question nous semble présenter un intérêt particulier en raison du rôle justement attribué à la minéralisation de l'organisme dans nombre d'états pathologiques. Nous avons cru nécessaire de donner plus de précision aux résultats de nos recherches, en les appliquant à l'oxyhémoglobine et à ses produits de dérivation directe.

Pour éviter l'introduction de substance minérale étrangère, nous avons préparé l'oxyhémoglobine, avec la collaboration de M. Lescœur, en proscrivant l'emploi de tout réactif salin.

Du sang de cheval frais a été défibriné à la manière ordinaire et abandonné à basse température, pour obtenir le dépôt des globules, qui ont été séparés du sérum par décantation et essorage à la centrifuge. La dissolution a été faite ensuite par l'eau à 35°, additionnée de 25 pour 100 d'alcool, puis abandonnée pendant quelques jours à la température de 0° pour obtenir la cristallisation. Les cristaux ont été séparés de l'eau mère et purifiés sur l'entonnoir à vide. Cette opération s'effectue d'autant mieux que la température est plus basse.

Il est à remarquer que les cristaux d'oxyhémoglobine se transforment spontanément, sans que l'apparence en soit beaucoup changée, car quand on reprend la matière pour la faire cristalliser une troisième fois dans le même solvant, une bonne portion demeure insoluble. Au point de vue de leur minéralisation, voici les résultats obtenus, par la méthode spectrographique appliquée à ces produits, dans la flamme de l'hydrogène.

Dans les spectrogrammes, obtenus sur plaques ordinaires, des cristaux d'oxyhémoglobine de première cristallisation, on remarque le potassium, le sodium, le calcium, le fer et des traces de manganèse. La raie double 404 du potassium est dominante et apparaît supérieure à la raie principale du fer 386. Dans l'oxyhémoglobine de deuxième cristallisation, la raie du

---

([1]) *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 608.

potassium est notablement affaiblie et se trouve inférieure même à la dernière raie du fer, tandis que le calcium persiste sans subir d'atténuation sensible.

A partir de la deuxième cristallisation, il n'est plus possible, pratiquement, d'obtenir de nouveaux cristaux, aussi faut-il modifier ce procédé pour discriminer la portion soluble dans l'eau de celle qui ne l'est pas.

Nous y sommes parvenus en délayant la matière avec un peu d'eau et triturant au mortier, de façon à faire une bouillie qui est reprise par de l'eau pure. Pour dissoudre les grumeaux, il est indispensable de les écraser sur la paroi du mortier. La solution obtenue de la sorte est brune et très foncée; on la passe à la centrifuge pour en séparer les flocons insolubles.

a. Portion insoluble dans l'eau. — Sa couleur est celle de l'hématite, elle est colloïdale et, quand on la dessèche au bain-marie, elle devient gélatineuse ou même tendineuse, puis prend un aspect noir et luisant. Elle est dure à broyer et éclate sous le pilon.

C'est cette portion insoluble qui retient le lithium. Les spectrogrammes sur plaque sensibilisée au pinacyanol montrent, en effet, la raie 670, caractéristique de cet élément, qui devient de plus en plus intense à mesure que les broyages et les reprises par l'eau se multiplient, tandis que la raie du calcium s'affaiblit puis disparaît totalement. Le potassium avait été déjà complètement éliminé.

Nos derniers spectrogrammes ont manifesté une raie du lithium très forte, celle du sodium, et quelques raies du fer. La matière a donné 1,35 pour 100 de cendres ferrugineuses.

b. Portion soluble dans l'eau. — La solution filtrée, traitée par l'alcool, précipite des flocons rouge carmin que l'on purifie par centrifugation et lavage à l'alcool.

C'est la portion qui fixe le calcium et qui est complètement exempte de lithium. L'intensité de la raie du calcium étant du même ordre que celle de la raie principale du fer, il s'ensuit que la proportion de calcium est 4 pour 100 environ de celle du fer.

Sur le spectrogramme, la raie du sodium est beaucoup plus réduite que dans les autres cas et doit être attribuée, pour la plus grande partie du moins, aux poussières de l'air.

On voit donc que, par dessiccation de l'hémoglobine pure à l'air et reprise par l'eau, nous sommes arrivés à séparer deux formes de pigment, l'une insoluble dans l'eau et retenant tout le lithium, l'autre soluble et précipitable par l'alcool, retenant le calcium.

On constate que la proportion de fer (0,28 à 0,30 pour 100) ne varie pas sensiblement dans ces divers produits.

Conclusions. — A la suite d'une première cristallisation, l'hémoglobine se présente avec les métaux suivants fixés sur sa molécule : potassium, sodium, calcium, lithium (révélé sur plaque au pinacyanol) et traces infimes de manganèse ; le spectre indique une prépondérance marquée du potassium. Une seconde cristallisation affaiblit la proportion de ce dernier élément, sans variation sensible du calcium. La dessiccation à l'air du produit de seconde cristallisation transforme le pigment en deux formes, l'une soluble, exempte de lithium, retenant le calcium, l'autre insoluble, ayant fixé sensiblement tout le lithium ; le potassium ne reparaît dans aucune de ces deux portions.

Ces divers résultats mettent en évidence le rôle du pigment sanguin, comme vecteur des éléments métalliques, pour lesquels il manifeste ainsi une affinité puissante, mais variable avec chacun d'eux.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Sensibilité au sérum humain normal des Trypanosomes d'origine humaine.* Note de M. **Félix Mesnil**.

Les trypanosomes pathogènes pour les mammifères (autres que l'homme) sont sensibles *in vivo* au sérum humain normal qui est doué de propriétés préventives et curatives (Laveran et Mesnil) ; on a pensé qu'il y avait corrélation entre cette curieuse propriété et la résistance de l'homme à ces trypanosomes. Le sérum des cynocéphales, singes réfractaires à tous les trypanosomes de mammifères, homme compris, possède des propriétés semblables vis-à-vis de tous ces trypanosomes (Laveran, Mesnil et Lebœuf), ce qui corroborerait l'hypothèse précédente. Il faut pourtant remarquer que des races de trypanosomes rendus résistants à ces divers sérums n'ont pu infecter ni les cynocéphales (Mesnil et Lebœuf), ni l'homme (Collier).

Le *Tr. gambiense*, agent général de la trypanosomiase humaine africaine, gardé depuis un certain temps sur animaux de laboratoire, est réfractaire au sérum humain (Laveran). En revanche, le *Tr. rhodesiense*, agent d'une forme spéciale de trypanosomiase humaine, s'est montré, 1 à 2 ans au plus après son isolement de l'homme (il n'a pas été étudié plus tôt à ce point de vue), aussi sensible au sérum humain que le trypanosome du nagana (Mesnil et Ringenbach).

Des recherches ultérieures ont montré qu'un *Tr. gambiense* pouvait acquérir tardivement (7 ans après avoir été isolé de l'homme), une certaine

sensibilité au sérum humain, d'abord assez inconstante, puis plus régulière [1].

De même le *Tr. lanfranchii*, isolé d'un cas humain d'infection de laboratoire (par le trypanosome du surra, semble-t-il), s'est montré, après deux ans, sensible au sérum humain [2].

A ces exemples, s'oppose celui d'un *Tr. gambiense*, gardé par Laveran au laboratoire et qui, après 12 ans, était encore réfractaire au sérum humain. A la vérité, Laveran, qui opérait sur le cobaye, n'employait que de petites doses de sérum (0,5 et 1^{cm^3}) [3].

En raison de l'intérêt de ces constatations, nous avons pensé qu'il y avait lieu de suivre des trypanosomes humains d'autres origines pour voir si une sensibilité au sérum humain apparaîtrait et à quel moment à partir de leur isolement de l'homme.

En juin 1920, le Dr A. Pettit mettait à notre disposition un *Tr. gambiense* qu'il avait isolé le 23 janvier 1920 du sang d'un malade soigné à l'hôpital Pasteur par les Drs L. Martin et Darré. Au début, ce trypanosome n'était virulent que pour le cobaye et c'est sur cet animal que, jusqu'à cette année, il a été gardé et que nous avons fait nos premières expériences. En 1925, nous avons pu expérimenter aussi sur la souris. Nous nous sommes contenté de rechercher le pouvoir préventif du sérum humain [4] (inoculation de trypanosomes mélangés au sérum).

Le 20 novembre 1920, du sérum humain, prélevé 48 heures auparavant, n'a pas amené, même à la dose de 3^{cm^3}, de changement significatif dans l'incubation, toujours un peu irrégulière chez le cobaye.

Le 2 mars 1921, un cobaye, qui a reçu 4^{cm^3} de sérum de 48 heures, ne s'est infecté qu'après une incubation de 22 jours (incubation de 5 à 10 jours chez les témoins); mais ce cobaye est mort sans retard, et, chez un autre cobaye, qui avait reçu 3^{cm^3} de sérum, l'incubation n'a été que de 12 jours.

Le 14 avril 1921, résultats de même ordre : un cobaye, qui a reçu 5^{cm^3} de sérum de 3 jours, a une incubation plus longue (22 jours au lieu de 13) que les autres et en particulier un cobaye qui a pourtant reçu $3^{cm^3},5$.

Le 30 mars 1922, tous les cobayes, qu'ils aient reçu ou non du sérum humain de 3 jours, se comportent de la même façon.

Il en est de même des cobayes de l'expérience du 10 mai 1923.

---

(1) Mesnil et Ringenbach, *Comptes rendus*, 155, 1912, p. 178.

(2) Mesnil et Blanchard, *Bull. Soc. Path. exot.*, 9, 1916, p. 81.

(3) Laveran, *Bull. Soc. Path. exot.*, 8, 21 juillet 1915, p. 442

(4) Ce sérum provient des saignées faites à l'Institut Pasteur pour le Wassermann.

En 1924, la virulence des trypanosomes pour le cobaye avait tellement baissé que nous n'avons pu faire d'expérience démonstrative et le virus a même failli être perdu. Ce n'est que cette année (1925) que les expériences ont pu être reprises, et cette fois, simultanément, sur le cobaye et la souris.

Le 6 mai, du sérum de 2 jours a protégé complètement la souris à la dose de $0^{cm^3},25$ (la souris qui a reçu $0^{cm^3},75$ de sérum chauffé au-dessus de 60° est morte en 8 jours et demi, le témoin en 5 jours et demi).

Le 10 juin, du sérum de 2 jours, essayé à dose encore plus faible ($0^{cm^3},1$), a amené une survie complète de la souris.

Dans ces deux séries, les cobayes ont succombé à des maladies intercurrentes : il faut pourtant noter que, dans chaque série, les témoins ont montré des trypanosomes.

Le 28 octobre, du sérum de 2 jours, aux doses de 2^{cm^3} et 3^{cm^3}, a protégé des cobayes de 450^g à 500^g (alors que le témoin présentait des trypanosomes déjà 5 jours après l'inoculation). Le même sérum a protégé une souris de 14^g à la dose de $0^{cm^3},1$.

Le 12 novembre, du sérum de 3 jours, à la dose de 2^{cm^3}, n'a déterminé qu'un retard de 10 jours dans l'incubation chez un cobaye de 350^g, et il a fallu $0^{cm^3},5$ pour assurer la survie définitive d'une souris de 24^g.

Enfin, le 10 décembre, dans une expérience qui n'a porté que sur des souris, la dose de $0^{cm^3},5$ (sérum de 3 jours) n'a amené qu'un retard de 4-5 jours dans l'incubation et la mort de l'animal.

L'expérience est poursuivie. Mais il nous semble qu'elle prouve déjà qu'une propriété nouvelle est apparue. Elle n'était pas manifeste au cours de la 4e année. Dans la 6e année, la sensibilité au sérum humain s'est révélée aussi bien chez le cobaye que chez la souris. Nos expériences multipliées en font foi ; elles semblent indiquer aussi des variations de cette sensibilité qui, en novembre et en décembre, a paru en baisse par rapport aux mois précédents. Ce résultat ne saurait nous surprendre étant donné ce que nous avons observé autrefois avec notre ancien *Tr. gambiense ;* mais il peut tenir aussi tout simplement à ce que, pour ces dernières séries, le sérum humain avait 3 jours de date, au lieu de 2 jours.

En rapprochant tous les résultats obtenus avec les trypanosomes divers d'origine humaine, on arrive à cette conclusion générale que, plus ou moins tôt, suivant les origines, ces trypanosomes, gardés sur animaux de laboratoire, deviennent sensibles au sérum humain. Il y a variation, d'apparence spontanée, de micro-organismes, et nous continuons à croire [1] qu'il faut voir là un retour à un état ancestral, alors que ces trypanosomes n'étaient pas infectants pour l'homme.

---

[1] Mesnil, *C. R. Soc. Biol.*, 77, 1914, p. 564.

Le *Tr. rhodesiense*, qui apparaît vite sensible au sérum humain, le *Tr. lanfranchii*, qui l'est au bout de deux ans environ, seraient d'adaptation plus récente à l'homme que le *Tr. gambiense*, dont la sensibilité au sérum humain met des années à apparaître. Pour ce qui concerne en particulier le *Tr. rhodesiense*, nous devons reconnaître que ces faits sont en faveur d'une adaptation fortuite à l'homme du trypanosome du nagana; il serait bien intéressant d'en découvrir le déterminisme.

RAYONS X. — *Réflexion totale et variation de l'indice de réfraction des radiations X au voisinage d'une discontinuité d'absorption du miroir.* Note de MM. **Maurice de Broglie** et **Jean Thibaud**.

L'étude récente de la réflexion et de la réfraction ([1]) des rayons X a montré que l'indice de réfraction μ de ces radiations dans diverses substances, indice inférieur à l'unité ($\mu = 1 - \delta$), correspondait à celui que l'on peut calculer par la théorie de Drude de la dispersion des ondes électromagnétiques. On trouve pour la longueur d'onde λ $\left(\text{fréquence } \nu = \frac{c}{\lambda}\right)$:

$$\delta = \frac{e^2}{2\pi c^2 m} \sum_{i=\mathrm{K,L,M}} \frac{N_i}{\nu^2 - \nu_i^2}, \tag{1}$$

ν_i et N_i étant respectivement la fréquence et le nombre d'électrons de la discontinuité i des atomes constituant la substance.

Nous avons repris l'étude de la réflexion totale des rayons X, qui, comme le prévoit la théorie, ne se produit que pour des angles d'incidence θ très rasants, de l'ordre de quelques minutes, inférieurs à l'angle limite θ_m de réflexion totale :

$$\theta_m = \sqrt{2\delta}. \tag{2}$$

Les radiations utilisées étaient les raies $K\alpha$ émises par des anticathodes de tungstène, de molybdène et de cuivre se réfléchissant sur des miroirs d'aluminium, de verre, de cuivre, d'argent, d'or, de platine et de plomb, disposés sur un grand banc d'optique muni de fentes collimatrices très fines et de goniomètres précis. L'enregistrement de la tache réfléchie se faisait photographiquement.

On obtient rapidement une mesure de l'angle de réflexion totale limite θ_m

([1]) Siegbahn, *Journal de Physique*, 6, 1925, p. 288.

et par suite de l'indice

$$\mu = 1 - \delta = 1 - \frac{\theta_m^2}{2}$$

en entraînant le miroir réflecteur dans un mouvement de rotation régulier à partir de l'angle $\theta = 0$. La tache continue due au déplacement du rayon réfléchi sur la plaque photographique est limitée brusquement lorsque la réflexion totale cesse pour $\theta = \theta_m$.

Les valeurs ainsi mesurées pour l'indice μ des diverses longueurs d'onde étudiées dans les substances précédentes concordent, aux erreurs expérimentales près, avec celles calculées par la formule (1), confirmant la très petite valeur de δ (δ = ordre de 10^{-6}).

La même formule (1) permet de prévoir un accroissement sensible de δ lorsque la fréquence ν qui éclaire le miroir se rapproche de la fréquence ν_i de l'une des discontinuités des atomes de ce dernier. Ce fait a été très bien vérifié avec la radiation $K\alpha$ du cuivre ($\lambda = 1,538$ Å), dont le δ passe de $\delta = 8 \times 10^{-6}$, lorsqu'elle se réfléchit sur un miroir de verre, à $\delta = 35 \times 10^{-6}$ lorsque le miroir réflecteur est lui-même en cuivre (discontinuité K du cuivre : $\lambda_k = 1,3978$ Å).

Ainsi les propriétés optiques des rayons X se trouvent identiques à celles de la lumière ordinaire et se plient aux mêmes lois : ceci accuse le caractère *ondulatoire* des radiations X, tandis que leur phénomène photo-électrique montre leur aspect opposé, *corpusculaire* ou quantique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelles synthèses de l'isomaltose et du gentiobose.* Note de MM. **Amé Pictet** et **Alfred Georg.**

Les deux disaccharides qui font l'objet de cette Note ont déjà été préparés artificiellement. Emile Fischer a obtenu l'isomaltose en traitant le glucose par l'acide chlorhydrique concentré, et Bourquelot, après avoir retiré le gentiobose du trisaccharide naturel le gentianose, l'a reproduit, par sa méthode biochimique, en faisant agir l'émulsine sur une solution aqueuse de glucose.

Nous avons observé deux nouveaux cas de formation synthétique de ces mêmes sucres.

L'un de nous a montré [1] que la *lévoglucosane* se polymérise facilement

[1] *Comptes rendus*, **174**, 1922, p. 1113.

lorsqu'on la chauffe dans le vide avec un peu de chlorure de zinc, et qu'elle se convertit en *dilévoglucosane* $(C^6H^{10}O^5)^2$. Or nous avons pu constater que cette dilévoglucosane est un anhydride de l'isomaltose; elle fournit, en effet, ce disaccharide par fixation d'une molécule d'eau, ainsi que cela ressort des deux expériences suivantes :

1. Pour réaliser cette hydrolyse partielle de la dilévoglucosane, nous avons eu recours à une méthode qui nous avait déjà donné de bons résultats dans d'autres cas, et qui consiste à dissoudre la substance dans un peu d'acide chlorhydrique concentré et à abandonner la solution à elle-même pendant plusieurs heures à la température ordinaire. On éloigne ensuite la plus grande partie de l'acide en excès par le vide en présence de potasse, on redissout le résidu dans l'eau et l'on agite la solution avec du carbonate d'argent. Le liquide filtré, puis évaporé au bain-marie, laisse un résidu que nous avons reconnu être un mélange de glucose et d'un autre sucre. Après nous être débarrassés du glucose par fermentation, nous avons obtenu un disaccharide réducteur, que nous avons pu identifier, à l'aide de son osazone, avec l'*isomaltose :*

Point de fusion de notre osazone	152-153°
» » de l'osazone de l'isomaltose préparé par le procédé de Fischer	152-153°
» » de leur mélange	152-153°

2. Cette première expérience tendait à faire regarder l'isomaltose comme le produit direct de l'hydrolyse de la dilévoglucosane; mais elle se prêtait aussi à une autre interprétation. On pouvait supposer en effet que l'hydrolyse eût été complète, avec formation du seul glucose, et que celui-ci se fût transformé ensuite en isomaltose sous l'influence de l'acide chlorhydrique. La relation entre la lévoglucosane et l'isomaltose n'aurait été dès lors qu'apparente.

Pour répondre à cette objection, nous avons procédé à une seconde expérience, consistant à mélanger la dilévoglucosane avec du bromure d'acétyle et à laisser reposer le mélange jusqu'à dissolution complète. On verse alors la solution sur de la glace; il se dépose une poudre blanche que, par analogie avec ce que donnent d'autres sucres dans les mêmes conditions, on doit considérer comme étant l'octacétate d'une bromhydrine de l'isomaltose. Sans l'étudier de plus près, nous l'avons saponifiée par la baryte; ce traitement devait avoir pour effet d'éliminer tous les groupes acétyle et de remplacer en même temps le brome par un oxhydryle. Comme produit

final de l'opération, nous avons obtenu de nouveau l'isomaltose de Fischer, que nous avons pu caractériser, comme dans le cas précédent, par les propriétés de son osazone.

Cette synthèse de l'isomaltose, avec la lévoglucosane comme point de départ, pourra sans doute jeter quelque lumière sur la constitution de ce disaccharide.

Afin de pouvoir comparer notre isomaltose avec celui de Fischer, nous avions préparé une certaine quantité de ce dernier, en suivant exactement les prescriptions de l'auteur. En acétylant ensuite cet isomaltose au moyen de l'anhydride acétique et de l'acétate de soude, nous nous sommes trouvés en présence de deux produits différents, faciles à séparer par cristallisation. L'un, de beaucoup le plus abondant, ayant régénéré l'isomaltose par saponification, ne pouvait être qu'un acétate, non encore décrit, de ce sucre. L'autre, dont la proportion n'excédait pas 3 pour 100 du mélange, se présentait sous la forme de fines aiguilles incolores, fusibles à 195°. Or ce point de fusion est celui qui est attribué par Zemplen [1] au β-octacétate de gentiobose. Nous nous sommes empressés de le saponifier par la baryte. Cette opération nous a fourni un disaccharide réducteur, fort différent de l'isomaltose. Malheureusement la faible quantité que nous en avons eue jusqu'ici entre les mains ne nous a pas permis de le caractériser autrement que par son osazone. Celle-ci, qui est soluble dans l'eau chaude, s'y dépose par refroidissement en fines aiguilles jaune pâle, fusibles à 164°. Étant en possession d'un échantillon de gentiobose qui nous avait été aimablement fourni autrefois par M. Bourquelot, nous en avons préparé l'osazone. Elle a montré un aspect absolument identique à la nôtre, mais, étant probablement un peu plus pure, un point de fusion légèrement supérieur (168°). Toutefois, le mélange des deux substances ayant montré un point de fusion intermédiaire (165°), nous croyons pouvoir les regarder comme identiques.

Et nous basant sur cette identité des osazones et sur celle des acétates, nous estimons être en droit d'en conclure que, dans la préparation de l'isomaltose par condensation du glucose selon le procédé de Fischer, il se forme une petite quantité de *gentiobiose*. Ce mode d'obtention réalise la première synthèse de ce disaccharide par voie purement chimique.

---

(1) *Berichte der deutschen chem. Gesellschaft*, 48, 1915, p. 233.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Contribution à l'étude de la matière fulminante : I. Les hétérogénéités thermiques.* Note (¹) de M. E. Mathias.

1. Pour expliquer que certains éclairs sphériques explosent avec un bruit terrible, d'autres disparaissant silencieusement, nous avons supposé des couches sphériques isothermes et concentriques dont la température décroît d'une manière continue du centre à la périphérie, lentement pour les grosses sphères, rapidement pour les petites. Alors les gros globes doivent nécessairement éclater à un certain moment, les petits finissant en nuages d'étincelles, sans bruit sensible.

Or certains gros globes disparaissent sans bruit; d'autres fois, ils ont des éclatements partiels, plusieurs fois répétés, au cours desquels ils expulsent de leur sein, avec une très grande vitesse, des masses variables de matière incandescente. La persistance des impressions lumineuses sur la rétine donne à ces projections l'apparence de *fusées* ou d'*éclairs*, le contact des matières lancées avec les corps vivants (hommes ou animaux) donnant des secousses électriques d'intensité variée allant de l'électrocution à la secousse bénigne.

Enfin certains globes ont un appendice caudal de forme variée, lumineux ou non, simple ou multiple.

La réalité est donc plus compliquée que ne le faisait prévoir la théorie simpliste précédente. Cela tient à ce que l'hypothèse de l'homogénéité du *reste d'éclair* est habituellement très éloignée de la vérité.

2. Appelons *matière fulminante* la substance encore inconnue qui forme le reste d'éclair et *foudre* toute agglomération de matière fulminante. Nous allons étudier les propriétés de celle-ci lorsqu'elle affecte la forme sphérique et essayer de montrer que, *lorsqu'elle est pure, elle jouit toujours, toutes choses égales d'ailleurs, des mêmes propriétés, et se retrouve la même à toutes les époques.*

Montrons d'abord que le mode même de génération de ces foudres conduit à une grande hétérogénéité dans les températures des divers points de la masse incandescente.

Partons d'un éclair fulgurant linéaire créant beaucoup de matière fulminante. Celle-ci est à l'état liquide, les liquides comme les solides devenant éblouissants quand la température s'élève suffisamment, tandis que les gaz,

(¹) Séance du 7 décembre 1925.

dans les mêmes conditions, restent peu lumineux. Sa forme, toute en surface, et sa température initiale élevée déterminent aussitôt un refroidissement énorme; *son volume diminue* parce que sa température s'abaisse constamment, et *sa forme change* parce que, sa tension superficielle augmentant toujours, sa surface libre est une surface rétractile tendant vers l'aire minima.

Les éléments de la surface libre rentrant à l'intérieur de la matière fulminante, celle-ci devient hétérogène comme résultant du mélange de particules intérieures très chaudes avec des particules plus ou moins extérieures refroidies à des degrés divers.

3. La matière fulminante, combinaison d'éléments de l'air, est un *électrolyte*, particulièrement quand elle a dissous dans l'air des impuretés; sa conductibilité, calorifique ou électrique, doit donc suivre une loi inverse de la conductibilité métallique, c'est-à-dire être *une fonction croissante de la température*. La matière fulminante incandescente est donc conductrice de la chaleur, et d'autant plus que la température est plus élevée. Comment, dès lors, parler d'*hétérogénéités thermiques* dans l'intérieur de la matière fulminante si les parties froides se réchauffent au contact des parties chaudes?

Pour les *foudres à forme plate*, l'hétérogénéité de la matière est visible par transparence [1]. Pour les formes épaisses, l'hétérogénéité de la surface extérieure sera démontrée dans la *Note* suivante.

Pour l'instant, remarquons deux points :

1° Lorsque les parties froides venues de l'extérieur dans l'intérieur demeurent voisines de la surface libre, l'intensité du rayonnement extérieur empêche l'uniformisation de la température sur les surfaces sphériques concentriques.

2° Lorsque les parties extérieures (ou même intérieures) sont parvenues à une température suffisamment basse, elles commencent à se décomposer, d'abord lentement, puis de plus en plus vite, jusqu'à ce que cette décomposition donne lieu à des secousses telles que l'équilibre des parties moins froides ne soit plus possible. Alors tout explose.

Il faut admettre, à l'exemple de certaines poudres, que la matière fulmi-

---

(1) C'est le cas de la *foudre en forme de cœur* qui, le 29 juin 1903, à Rome, vint à plusieurs reprises bourdonner aux oreilles de Mme G. Barigioni Pereira-Santiago. Elle était longue d'environ 22cm et large un peu moins, amincie au bout et quelque peu renflée au milieu, rouge et épaisse comme une langue d'un gros animal; au centre, on voyait un *nucleus*, comme le noyau d'une pêche. [Ignazio Galli, *Della protezione offerta dai parafulmini*, p. 44 (Estratto dalle *Memorie della Pontificia Accademia Romana dei Nuovi Lincei*, 26, 1908)].

nante qui, par refroidissement extérieur, a commencé à se décomposer, en rentrant dans l'intérieur où elle se réchauffe *ne retrouve plus sa stabilité première*. S'il en est ainsi, l'hétérogénéité de la matière fulminante à l'intérieur même de la masse incandescente est une réalité.

4. La matière fulminante, supposée pure en tous ses points, est considérée comme homogène si elle est formée de couches sphériques concentriques isothermes, la température diminuant d'une façon continue du centre à la périphérie. Toute exception à cette règle est une *hétérogénéité thermique*. Celles dont il est question ici sont produites par des masses plus froides que les couches sphériques isothermes et concentriques qu'elles rencontrent.

On peut faire plusieurs hypothèses simples sur la loi de répartition de ces masses froides. Imaginons d'abord le cas d'un *amas cylindrique ou conique de révolution autour d'un rayon, cet amas aboutissant à la surface extérieure*.

Ces derniers points, étant plus froids que le reste de la surface, sont, à partir d'un certain moment, le siège d'une décomposition qui va en s'accélérant. Par réaction, la poussée sur l'air détermine un mouvement de translation de sens opposé. Selon l'intensité de la décomposition, on aura une projection d'étincelles ou une traînée formant *appendice caudal rectiligne* dans le cas d'une translation, formant *appendice caudal sinueux* si cette translation s'accompagne d'un peu de *libration* de la sphère autour de son centre, provenant de ce que la poussée, à cause même de l'hétérogénéité de l'amas, au lieu de passer toujours par le centre, passe légèrement à côté, tantôt à droite et tantôt à gauche.

Si la décomposition de la matière est très abondante, l'élévation de la température résultant peut enflammer la matière décomposée, l'appendice caudal devenant une flamme droite ou ondulée suivant les cas.

Si l'on imagine la matière froide répartie en amas plus ou moins volumineux dans l'intérieur même de la matière fulminante, de telle sorte que les gaz résultant de la décomposition n'aient pas de dégagement ou n'aient qu'un dégagement insuffisant, il en résultera, à un certain moment, l'explosion de la foudre sphérique et, soit la séparation du globe en deux ou plusieurs morceaux, soit l'éparpillement de la substance sous forme d'un *bouquet de fusées* qui s'évanouit dans un nuage d'étincelles.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur les bromuques des* Antithamnion *Naeg.* Note de M. C. SAUVAGEAU.

Dans une Note récente (¹), j'ai indiqué la présence du brome libre dans les ampoules incolores et réfringentes de l'*Antithamnionella sarniensis* Lyle et, par analogie, avec les *ioduques* renfermant de l'iode libre chez d'autres Floridées (²), j'ai proposé d'appeler ces organes des *bromuques*. J'ai conservé vivante à Bordeaux, durant quelques jours dans une assiette remplie d'eau de mer, cette petite plante expédiée de Cherbourg. Mais après une absence d'une semaine, je la retrouvai presque entièrement morte; quelques rares cellules avaient conservé leurs chromatophores intacts; parmi les autres, celles qui n'avaient pas verdi devaient leur teinte rose à la phycoérythrine répandue dans le suc cellulaire. Néanmoins, les bromuques étaient restés intacts et la fluorescéine leur donnait la belle teinte rose de l'éosine, comme sur la plante vivante.

Les bromuques de l'*Antithamnionella* se conservant intacts sur des plantes mortes, j'ai pensé, ce qui *a priori* paraissait absurde, à rechercher le brome sur des échantillons d'herbier d'*Antithamnion*. Leurs bromuques, en effet, rougissent par la fluorescéine légèrement ammoniacale, dissoute dans l'eau distillée ou dans l'eau de mer, aussi rapidement, et avec autant d'intensité, que si la plante était vivante et je conserve des préparations montées dans la glycérine sans que la teinte rouge des bromuques se soit atténuée.

J'obtins ce résultat avec les espèces suivantes, prises dans ma collection personnelle : *Ant. Plumula* Thur. (Helgoland, Kuckuck leg. 24 août 1897; Ile Minorque, Rodriguez leg. 22 juillet 1890), *A. refractum* Thur. (Saint-Malo, Bornet leg. 25 juillet 1872), *A. boreale*, Kjellm. (Harpswell, Maine, États-Unis, F. Collins leg. 6 juillet 1906), *A. Pylaisæi* Kjellm. (Loppen, Norvège arctique, Foslie leg. 12 juin 1897), *A. Butleriæ* Coll. (A. Vickers leg. 25 avril 1899, Algues de la Barbade, n° 196). Ces divers échantillons récoltés dans des contrées très éloignées les unes des autres suffisent à démontrer la généralité du phénomène. Les bromuques étaient notablement moins nombreux sur l'exemplaire d'*A. Plumula* récolté à Minorque

(¹) *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 841.
(²) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1887, et 181, 1925, p. 263.

que sur celui d'Helgoland, dont les ramules en présentaient si régulièrement qu'une branche primaire, longue de 1^{mm}, en offrait plus de cent, ce qui témoigne une remarquable aptitude de cette espèce à capter le brome de l'eau de mer; en outre, divers bromuques de cet échantillon, écrasés pendant la préparation pour l'herbier, avaient laissé échapper leur contenu en nappe informe, transparente, accolée aux filaments, dont la fluorescéine décélait la présence. Les bromuques de l'*A. Butleriæ* se sont colorés plus lentement que ceux des autres espèces. Petersen et Kylin ayant signalé des *Blasenzellen* chez le *Ceramium tenuissimum* Ag., j'en ai examiné trois exemplaires d'herbier, d'origine différente, mais sans y voir de bromuques ni obtenir de coloration par la fluorescéine.

Le grand nombre des bromuques de l'*A. Plumula* d'Helgoland m'a permis de réaliser une expérience que je n'avais pu réussir avec l'*Antithamnionella*, dont les bromuques sont trop dispersés. En croisant, dans une préparation, plusieurs filaments de la plante d'Helgoland, j'ai obtenu des bromuques assez rapprochés les uns des autres pour pouvoir en faire, sous l'objectif à immersion, l'analyse au microspectroscope; la comparaison s'effectuait avec une éosine obtenue, quelques instants avant, à l'aide de la même solution de fluorescéine. Celle-ci donnait une bande noire très nette dans le bleu; la préparation d'*A. Plumula* fournit une bande noire de même situation, mais à bords estompés.

Les *Blasenzellen* ou *gland-cells* des *Antithamnion*, qui ont maintes fois exercé la sagacité des chercheurs, sont donc des organes accumulateurs de brome, comme ceux de l'*Antithamnionella sarniensis*. Le rapide éclatement des bromuqnes de ce dernier, sous l'action de l'eau distillée, y indique la présence d'une substance très avide d'eau [1].

Une autre substance, et celle-ci dominante et réfringente, insoluble dans l'eau, maintient et retient sans doute le brome à l'état de dissolution. Mon collègue, le chimiste Denigès, que j'ai consulté à ce sujet, me suggère qu'elle pourrait bien être un hydrocarbure dissolvant le brome sans être attaqué par

---

(1) Les auteurs attribuent à une matière albuminoïde la propriété des bromuques de rougir par le réactif de Millon ; ce pourrait être aussi une substance à fonction phénolique, superposée à la matière réfringente. Sur la plante sèche d'Helgoland, traitée par le réactif de Millon, les bromuques rougissent, mais je n'ai pas vu se colorer les nappes transparentes provenant de l'éclatement de quelques-uns, comme si elles étaient privées de la matière colorable, qui est peut-être la substance avide d'eau. Mais ce serait à revoir sur la plante fraîche.

lui (à la température ordinaire) tel que le benzène et les corps voisins, les carbures saturés C^nH^{2n+2}, etc. [1].

Si l'on saisit mal comment un corps aussi toxique que le brome peut s'accumuler dans les cellules, on ne conçoit guère mieux comment, malgré sa grande volatilité, on le retrouve dans des plantes séchées depuis longtemps. D'ailleurs, la question des bromuques, comme celle des ioduques, est seulement posée; elle soulève de nombreux problèmes dont l'étude ne pourrait être entreprise que sur le vivant, et la saison actuelle n'est pas favorable.

Dans un Mémoire qui vient de paraître sur les Floridées renfermant de l'iode à l'état libre [2], je suppose que les *Blasenzellen* des *Antithamnion* et *Antithamnionella* pourraient bien être des ioduques, tandis que ce sont des bromuques. Ceci n'infirme en rien les conclusions que j'en tirais quant à leur distribution géographique et à leurs migrations.

M. **Béhal**, présentant le Tome II de la *Correspondance de* **Charles Gerhardt**, s'exprime en ses termes :

Tandis que le Tome I paru en 1918 était consacré aux échanges de lettres entre Laurent et Gerhardt, le Tome II qui vient de paraître comprend la correspondance échangée entre Gerhardt et les principaux chimistes français, Cahours, Chancel, Dumas, Malaguti, Wurtz, etc. Chacune de ces correspondances est précédée de Notices consacrées par M. Tiffeneau à la biographie des divers correspondants et à l'exposé de leurs relations avec Gerhardt.

Les lettres les plus importantes sont celles adressées à Dumas et Cahours, concernant la réforme des poids atomiques. Elles précèdent de quelques mois la célèbre communication faite sur ce sujet par Gerhardt à l'Académie des Sciences le 5 septembre 1842.

C'est de cette séance mémorable que datent à la fois les poids atomiques modernes (sauf ceux des métaux bivalents dus à Cannizaro) et la notation atomique actuelle. Berzelius avait bien fondé depuis 1813 la notation sym-

---

(1) Après quelques minutes d'action du chloroforme ou de l'éther sur des fragments de l'*A. Plumula* d'Helgoland, étalés sur un porte-objet, le contenu réfringent des bromuques n'était pas dissous et conservait la propriété de rougir par la fluorescéine.

(2) *Bull. Station biologique d'Arcachon*, 22, 1925, p. 32.

bolique, depuis lors en usage, mais la conception dualiste l'avait amené à admettre la présence de l'eau dans les acides monobasiques, ce qui conduisait à écrire l'acide azotique $N^2O^5H^2O$, soit $N^2O^6H^2$, et l'acide trichloracétique $C^4Cl^6O^3H^2O$, soit $C^4Cl^6H^2O^4$ et par voie de conséquence à doubler la plupart des formules organiques.

Par sa réforme des poids atomiques et des grandeurs moléculaires toutes amenées à une même unité de volume (conception purement chimique de la loi d'Avogadro), Gerhardt put parvenir à imposer la notation d'atome et de molécule qui fut définitivement adoptée par le *Congrès de Carlsruhe* en 1860.

Outre leur intérêt épisodique, les autres lettres publiées dans le Tome II contiennent des renseignements précieux sur d'autres découvertes importantes, celle des anhydrides d'acides et celle concernant le problème de l'éthérification étudié par Williamson et Chancel.

Toutes ces lettres intéresseront certainement les chimistes qui s'occupent de l'histoire de la chimie et plus particulièrement de la chimie française.

M. **Costantin** présente à l'Académie le 6e fascicule du Tome II du *Cours de Botanique* de **Bonnier** et **Leclerc du Sablon**. Cet ouvrage classique, qui avait été interrompu d'abord par la guerre, puis par la mort de M. Bonnier, a été continué, pour la partie physiologique, avec la collaboration de M. Cerighelli. Il ne reste plus que deux fascicules à paraître, qui seront publiés sous peu, pour achever ce Traité si important pour les étudiants.

M. **Émile Borel** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie de deux volumes renfermant les années 1923 et 1924 de la revue bibliographique *Vient de Paraître* et *Revue du Mois* (Crès, éditeur). On y trouvera des articles d'un grand nombre de nos confrères accompagnés de leur portrait :

En 1923, Gaston Bonnier (Notice nécrologique par Émile Borel), Louis Gentil, Gabriel Bertrand, Marin Molliard, Jean Perrin, G. Bigourdan.

En 1924, Paul Painlevé, Pierre Curie, A. Cotton, Maurice de Broglie, A. Desgrez, Ch. Rabut, E.-L. Bouvier.

On y trouvera également des articles ou des notes biographiques accompagnées de portraits, sur nos confrères de l'Institut : Paul Valéry, Pierre Loti, Maurice Barrès, A. Meillet, Édouard Estaunié.

Il m'a semblé utile, poursuivant le même but que j'avais cherché à atteindre par la création de la *Revue du Mois*, de donner une place dans cette Revue à la bibliographie scientifique et aux questions générales de science pure et appliquée. Je remercie tous ceux de nos confrères qui ont bien voulu m'aider de leur collaboration.

CORRESPONDANCE.

M. H. **Kamerlingh Onnes**, élu Associé étranger, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le **Ministre de l'Agriculture** invite l'Académie à lui désigner ceux de ses Membres qui devront occuper, dans le Conseil d'administration de l'*Institut des Recherches agronomiques*, les places vacantes par le décès de M. *L. Maquenne* et par l'expiration des pouvoirs de MM. *E. Roux*, *A.-Th. Schlœsing*, *Leclainche*, *Pierre Viala*, *Lindet*.

MM. A. **Henry** et **Ch. Leblois** adressent un Rapport sur l'emploi qu'ils ont fait des subventions accordées sur la *Fondation Loutreuil* en 1922 et 1924.

M. **Paul Helbronner** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place d'Académicien libre, vacante par le décès de M. *Eug. Tisserand*.

M[lles] **France Gueylard**, **Piera Locatelli**, **Henriette Rougebief**, MM. **Émile André**, **Eugène Antoniadi**, **Fernand Baldet**, **Philippe Bellocq**, **Léon Bérard**, **Léonce Bert**, **Jules Beyne**, **Désiré Bois**, **Georges Bouligand**, **François Bourion**, **Léon Bultingaire**, **Paul Caubet**, **Maurice Caullery**, **Henri Chermezon**, **Robert Courrier**, **André Danjon**, **Eugène Darmois**, **Georges Déjardin**, **Marcel Denis**, **Arnaud Denjoy**, **André Donatien**, **Roger Douris**, **Jules Drach**, **Georges Dubois**, **Charles Dufraisse**, **André Finot**,

Georges Fournier, **Maurice Fréchet**, **François Grandjean**, **Maurice Javillier**, **Raymond Jouaust**, **Léopold Kober**, **Émile Kohn-Abrest**, **René Lehuédé**, **Félix Lestoquard**, **René Loquin**, **Léon Lutaud**, **Louis Mercier**, **René Mesny**, **Serge Metalnikov**, **Alexandre Meunier**, **Georges Mouret**, **André Nègre**, **V. A. Obroutcheff**, **Louis Parrot**, **Edmond Plantureux**, **André de Puymaly**, **Gaston Ramon**, **Gustave Ribaud**, **René Risser**, **Édouard Roth**, **Eugène Séguy**, **Edmond Sergent**, **Edmond Sollaud**, **Raymond Weissenbach**, **Eugène Wollman** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

MM. **Joseph Basset**, **René Dubrisay**, **Edmond Friedel**, **Jules Lemoine**, **Pierre Lesne**, **Jean Tilho** et le **Directeur du Conservatoire national des arts et métiers** adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été accordées sur le fonds Loutreuil.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Fondation de l'Institut français de Varsovie. (Adressé par M. l'Envoyé extraordinaire de Pologne à Paris.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une méthode nouvelle pour résoudre le problème de Riemann.* Note de M. **René Garnier**.

Étant donnée une équation différentielle linéaire d'ordre m, à singularités régulières ([1]), comment faut-il choisir les coefficients de l'équation de manière qu'elle admette (si possible) un groupe de monodromie donné? Tel est le problème de Riemann. Le problème a été résolu pour $m = 2$ par M. Hilbert, et pour m quelconque par M. Plemelj; la solution de cet auteur a d'ailleurs été simplifiée de la manière la plus remarquable par M. G. D. Birkhoff. La méthode de ces géomètres se rattache à la théorie des équations intégrales; elle introduit des fonctions non analytiques, d'une construction toute artificielle. Malgré l'intérêt de la méthode, il était désirable de posséder, pour un problème ressortissant à la théorie des fonc-

---

([1]) Le problème peut être étendu aux singularités irrégulières; j'ai montré qu'en réalité, le problème généralisé n'est qu'un cas limite du problème régulier.

tions analytiques, une solution n'utilisant que des fonctions analytiques introduites naturellement par le problème lui-même.

Antérieurement, j'ai fait connaître une méthode répondant à ces conditions; je m'étais borné d'ailleurs à l'équation du deuxième ordre à quatre points singuliers. La caractéristique de la méthode, c'est la liaison qu'elle introduit entre la solution du problème de Riemann et l'étude des singularités transcendantes des intégrales de l'équation (VI) de M. Painlevé. Depuis, je suis parvenu à définir la nature des singularités des équations [1] formées dans ma Thèse, et j'indiquerai aujourd'hui comment ce résultat permet de traiter le problème de Riemann *pour les équations linéaires du deuxième ordre* E_n *possédant* $n+3$ *singularités régulières*

$$x = t_1, \ldots, \quad t_n, t_{n+1} = 0, \quad t_{n+2} = 1, \quad t_{n+3} = \infty.$$

La possibilité d'étendre la méthode de $n = 1$ à n quelconque n'était pas évidente : on connaît les difficultés que présente l'accroissement de l'ordre différentiel dès qu'on cesse d'étudier les intégrales au point de vue *local*. Pourtant, *cette extension peut être réalisée d'une manière très simple, grâce à l'intervention de la méthode de récurrence* dont M. Emile Picard a signalé déjà l'utilité dans des questions analogues [2].

Le principe de la méthode est le suivant : considérons un groupe de monodromie spécial $\mathcal{G}_n$, dérivé de $n+2$ substitutions (unimodulaires) $S_h (h = 1, \ldots, n+2)$ et le groupe $\mathcal{G}_{n-1}$ déduit du précédent par la suppression de S_i; pour paramètres de $\mathcal{G}_n$ on peut choisir ceux de $\mathcal{G}_{n-1}$ et les invariants J, J_0, J_1 des substitutions S_i, $S_i S_{n+1}$, $S_i S_{n+2}$. Or, envisageons les équations E_n admettant le groupe $\mathcal{G}_n$ quelle que soit la position de $t_1, \ldots, t_n$; les coefficients de E_n s'expriment au moyen des transcendantes [1] $z_k(t_i)$. Faisons tendre le point singulier $x = t_i$ vers $x = 0$; l'étude des $z_k(t_i)$ autour de $t_i = 0$ montre que *lorsque le chemin suivi par* t_i *est convenablement choisi,* E_n *tend vers une équation limite bien déterminée* E_{n-1}, *où le coefficient* $s^2 - 1 : 4$ *de* x^{-2} *s'exprime d'une manière simple à l'aide des limites* z_k^0 *des* z_k *pour* $t_i = 0$; mais ce coefficient est connu, puisque J_0 est donné. D'ailleurs *les* z_k^0, *considérées comme fonctions des* $t_h (h \neq i)$ *vérifient précisément un système* (G_{n-1}) *qui exprime que le groupe de* E_{n-1} *est constant;* ce système

---

[1] Nous substituerons à ces équations le système équivalent (G_n), d'intégrales $z_k(t_i)$, formé dans notre Note du 17 novembre 1924.

[2] *Traité d'Analyse*, 2, Chap. XVI, nos 4, 8, 24.

peut être écrit dès qu'on connaît (G_n) et s^2, c'est-à-dire dès qu'on connaît le group $\mathcal{G}_n$.

Admettons alors qu'on sache choisir parmi les intégrales de (G_{n-1}) celle qui rend le groupe de E_{n-1} identique à $\mathcal{G}_{n-1}$; les limites pour $t_i = 0$ des intégrales z_k de (G_n) seront connues, et la théorie des caractéristiques de (G_n) montre que *l'intégrale de* (G_n) *qui résout le problème de Riemann pour* $\mathcal{G}_n$ *sera complètement déterminée si l'on connaît la valeur* ζ *que doit prendre* z_{n-1} *en un point arbitrairement choisi* t_i^0 $(\neq 0)$. Tout le problème revient donc à choisir ζ de manière que l'invariant de la substitution $S_i S_{n+2}$ soit égal à J_1, c'est-à-dire de manière qu'une certaine fonction rationnelle des z_k et des $\frac{\partial z_n}{\partial t_i}$ (soit α) prenne pour $t_i = 1$ une valeur limite donnée $\overline{\alpha}$.

Pour cela, j'établis d'abord qu'on peut calculer ζ de manière que l'équation $\alpha(t_i) = \overline{\alpha}$ possède une racine t_i au voisinage de $t_i = 0$. Les théorèmes généraux que j'ai obtenus antérieurement sur la distribution asymptotique des racines de l'équation montrent que, sauf dans le cas où α coïncide avec deux valeurs exceptionnelles (ce que l'on peut toujours éviter), *le choix de* ζ *est possible de deux façons distinctes :* et ceci est confirmé remarquablement par l'existence de *deux groupes* $\mathcal{G}_n$ définis par les invariants de $\mathcal{G}_{n-1}$ ainsi que par J, J_0, J_1. L'application du lemme de Borel-Lebesgue montre ensuite que ζ tend vers une limite pour $t_i = 1$.

Je signalerai encore la conséquence suivante de la méthode. On sait qu'il existe une infinité d'équations E_n admettant un groupe de monodromie donné $\mathcal{G}_n$, les racines r_i des équations déterminantes n'étant connues qu'à des entiers près. Fixons toutes les racines, sauf celles du point $x = 0$; *on peut considérer toutes les équations obtenues* E' *comme limites d'une même équation* E_{n+1} *possédant une singularité infiniment petite* t_{n+1}; *suivant le chemin suivi par* t_{n+1}, E_{n+1} *peut dégénérer en l'une quelconque des équations* E'.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le rapport entre une série entière et son plus grand terme.* Note de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Hadamard.

1. D'après un théorème connu de M. Borel, si le terme général u_n d'une série convergente est positif et constamment décroissant, le produit nu_n tend vers zéro. On en déduit aisément que, $a_1, \ldots, a_n, \ldots$, désignant des nombres positifs *croissants*, les séries $\sum \frac{1}{a_n}$ et $\sum \frac{1}{n + a_n}$ sont de même nature; d'autre part :

Lemme. — Si $a_1, \ldots, a_n, \ldots$ sont des nombres positifs *quelconques*, et si b_n désigne le plus petit des nombres $N + a'_N$, $(N \geqq n)$, et si la série $\sum \frac{1}{a_n}$ est divergente, il en est de même de la série $\sum \frac{1}{b_n}$.

L'hypothèse contraire conduit en effet à une contradiction, puisque dans cette hypothèse $\frac{n}{b_n}$, d'après le théorème de M. Borel, et par suite $\frac{n}{n+a_n}$ et $\frac{n}{a_n}$, tendent vers zéro.

2. Soit une fonction entière

$$F(z) = A_0 + A_1 z + \ldots + A_n z^n + \ldots, \tag{1}$$

les A_n étant positifs et les rapports $\mu_n = \frac{A_{n-1}}{A_n}$ jamais décroissants; ils augmentent alors indéfiniment, et, en posant $\lambda_n = \frac{\mu_n}{\mu_{n+1}}$, la série de terme général $\frac{1}{a_n} = 1 - \lambda_n$ est divergente.

Désignons par $f(z)$ le plus grand terme de $F(z)$; on a $f(\mu_n) = A_n \mu_n^n$, et l'on a une limite supérieure de $F(\mu_n)$ en remplaçant les $N + 1$ premiers termes par $f(\mu_n)$, et observant qu'ensuite, si $N \geqq n$, les termes décroissent au moins comme ceux d'une progression géométrique de raison λ_N. Donc

$$F(\mu_n) < f(\mu_n)(N + 1 + \lambda_N + \lambda_N^2 + \ldots) = f(\mu_n)(N + a_N), \tag{2}$$

et par suite $F(\mu_n) < b_n f(\mu_n)$, b_n désignant le plus petit des $N + a_N$. D'après le lemme, la série de terme général $\varphi(\mu_n)$ est alors divergente, $\varphi(z)$ désignant le rapport du plus grand terme $f(z)$ de la série (1) à sa somme $F(z)$.

On ne change rien d'essentiel en remplaçant μ_n par une valeur quelconque entre μ_n et μ_{n+1}, telle par conséquent que le plus grand terme soit le terme $A_n z^n$. Donc :

THÉORÈME I. — *Si la série entière $F(z)$ à coefficients A_n positifs et à rayon de convergence infini, est telle qu'à chaque entier n on puisse faire correspondre une valeur z_n de z, pour laquelle le plus grand terme $f(z_n)$ soit le terme $A_n z_n^n$, la série de terme général $\varphi(z_n) = \frac{f(z_n)}{F(z_n)}$ est divergente.*

On en déduit aisément que :

THÉORÈME II. — *Si $F(z)$ désigne une fonction entière quelconque, $f(z)$ le plus grand terme de la série qui la représente et $n(z)$ le degré de ce terme*

(degré qui croît indéfiniment avec z), *l'intégrale*

$$\int_0^\infty \left|\frac{f(z)}{F(z)}\right| d\,n(z)$$

est divergente.

On peut en effet, sans changer $f(z)$, majorer $F(z)$ par une fonction remplissant les conditions du théorème I; l'application de ce théorème à cette fonction montre immédiatement l'exactitude du théorème II.

3. Moyennant des hypothèses convenables sur la croissance des μ_n, on peut obtenir un résultat plus précis, mais qui ne semble pas susceptible d'extension à une fonction entière quelconque. Il consiste en ce que la série de terme général $\varphi^2(\mu_n)$ diverge, mais que, pour une fonction $F(z)$ convenablement choisie, elle diverge moins que n'importe quelle série divergente donnée.

On peut démontrer ce résultat en supposant que les a_n aient un ordre de grandeur déterminé, c'est-à-dire que $\frac{\log a_n}{\log n}$ ait une limite qu'il faut supposer égale à 1 pour obtenir une divergence aussi lente que possible de la série $\sum \frac{1}{a_n}$.

Les termes de la série $F(\mu_n)$ qui suivent les n premiers peuvent s'écrire

$$f(\mu_n)\,[1+\lambda_n+\lambda_n^2\lambda_{n+1}+\lambda_n^3\lambda_{n+1}^2\lambda_{n+2}+\ldots],$$

et le raisonnement repose sur cette circonstance que λ_{n+1}, λ_{n+2}, ..., étant très peu différents de λ_n, la série considérée est équivalente à

$$1+\lambda_n+\lambda_n^3+\lambda_n^6+\ldots\sim\frac{1}{2}\sqrt{\frac{\pi}{1-\lambda_n}}.$$

On obtient un résultat analogue pour les n premiers termes. Alors

$$F(\mu_n)\sim\sqrt{\frac{\pi}{1-\lambda_n}}\,f(\mu_n),$$

d'où résulte immédiatement le résultat énoncé.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur une méthode de perturbations spéciales.* Note (1) de M. J. Renaux, présentée par M. H. Andoyer.

Soit, pour une planète déterminée, le système mobile C, orienté positivement, d'axes rectangulaires SXYZ passant par le Soleil S, SX dirigé vers le périhélie, SY dans le plan de l'orbite et perpendiculaire à SX. Nous prenons un *système de coordonnées équatoriales, choisi pour une époque déterminée.* Le système C n'est pas rapporté au précédent, mais à A, position de C au temps origine t_0. Soient trois rotations infinitésimales convenables $d\chi_1$, $d\chi_2$, $d\chi_3$, faites respectivement autour de SX, SY, SZ. Les dérivées $\frac{d\chi_1}{dt}$, $\frac{d\chi_2}{dt}$, $\frac{d\chi_3}{dt}$, par rapport au temps t, sont déterminables par la méthode choisie pour le calcul des perturbations. L'hypothèse $\frac{d\chi_3}{dt}$ et le choix de A suppriment toute intégration relative aux cosinus directeurs. Les valeurs χ_1, χ_2, nulles pour $t = t_0$, et provenant de l'intégration de $\frac{d\chi_1}{dt}$, $\frac{d\chi_2}{dt}$, peuvent être considérées comme infiniment petites du premier ordre. Les cosinus directeurs de SX par rapport à A sont, jusqu'aux termes du quatrième ordre exclusivement, $1 - \frac{\chi_2^2}{2}$, $\frac{\chi_1\chi_2}{2}$, $-\chi_2$. Ceux de SY et SZ sont analogues, et l'influence des termes du second ordre est très faible. Soit B une position connue et suffisamment approchée de A. Ce système A est déterminé par deux changements successifs de coordonnées, le premier défini par des rotations infinitésimales $(\chi_1)_0$, $(\chi_2)_0$, χ_3, et le second par les cosinus directeurs de B par rapport au système équatorial.

Désignons par a, $e = \sin\varphi$, E, r, le demi-grand axe, l'excentricité, l'anomalie excentrique et la distance héliocentrique de la planète au temps t. Les composantes de la vitesse sont linéaires par rapport à $\frac{dr}{dt}$, $\frac{de}{dt}$, $\frac{dE}{dt}$, $\frac{d\chi_1}{dt}$, $\frac{d\chi_2}{dt}$, $\frac{d\chi_3}{dt}$. Si l'on exprime que la normale au plan est perpendiculaire à la vitesse, on obtient une première condition. En lui adjoignant $\frac{de}{dt} = 0$, $\frac{d\chi_3}{dt} = 0$, et exprimant que les équations du mouvement troublé sont satis-

(1) Séance du 30 novembre 1925.

faites, on obtient les équations différentielles cherchées. Désignons par $\xi_{i,j}$ ($j = 1, 2, 3$) les coordonnées par rapport à C d'une planète perturbatrice de masse m_i, par r_i et ρ_i ses distances respectives au Soleil et à la planète à suivre. Posons $I_j = \Sigma k m_i \left(\frac{1}{\rho_i^3} - \frac{1}{r_i^3}\right)\xi_{i,j}$ ($j = 1, 2, 3$). Les sommes Σ s'étendent à toutes les planètes perturbatrices envisagées et k désigne la constante de gravitation. Soit ω l'intervalle de temps choisi pour les quadratures. Faisons le changement de variable $t = \omega\theta$, et posons $U = \frac{a - a_0}{a_0}$, a_0 désignant la valeur exacte de a à l'origine $t_0 = \omega\theta_0$. Introduisons la fonction G définie ci-dessous, nous obtenons :

$$G = \xi + \int_{\theta_0}^{\theta} (1 + U)\left(- I_1 a_0^{\frac{1}{2}} \omega \sin E + I_2 a_0^{\frac{1}{2}} \omega \frac{\cos E - e}{\cos\varphi}\right) d\theta,$$

$$\frac{d^2 U}{d\theta^2} = k\omega^2(1 + U)\left(- \Sigma \frac{k m_i}{\rho_i^3} + I_1 \frac{\cos E}{r} + I_2 \frac{\sin E}{r \cos\varphi}\right) + \frac{k^2 \omega^2}{r^3}(2G + G^2 - U),$$

$$\frac{d\chi_1}{d\theta} = I_3(1 + U)\frac{\omega a_0^{\frac{1}{2}}(\cos E - e)}{(1 + G)\cos\varphi}, \qquad \frac{d\chi_2}{d\theta} = I_3(1 + U)\frac{\omega a_0^{\frac{1}{2}} \sin E}{1 + G},$$

$$\frac{dM}{d\theta} = \frac{d(E - e \sin E)}{d\theta} = \frac{k\omega(1 + G)}{a_0^{\frac{3}{2}}(1 + U)^2}.$$

ξ est une constante d'intégration, M est l'anomalie moyenne et l'équation de Képler est conservée. Pour l'ajustement, on ne connaît pas a_0, mais une valeur approchée a'_0. On pose $a_0 = a'_0(1 + \lambda)$. Si λ, constante à déterminer, est suffisamment petite, on peut mettre partout a'_0 à la place de a_0, sauf pour la dernière relation qui se transforme facilement. Nous avons les constantes ξ, λ, $(\chi_1)_0$, $(\chi_2)_0$, χ_3, les corrections de de l'exentricité, dE_0 de la valeur initiale de l'anomalie exentrique et, de plus, la valeur ζ de la dérivée de U pour $\theta = \theta_0$. Alors que le problème analytique ne comporte que six constantes, nous en avons huit, donc deux surabondantes à astreindre à des conditions supplémentaires. Un procédé commode, mais non nécessaire, consiste à faire $\xi = 0$, $\zeta = 0$. En tenant compte des perturbations de Jupiter et Saturne, la méthode a été appliquée à plusieurs planètes pour des intervalles de temps s'étendant à trois ou quatre oppositions. Les résultats ont été tout à fait satisfaisants.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur l'avance du périhélie de Mercure.* Note de M. **Jean Chazy**, présentée par M. Émile Borel.

Le Verrier a ajouté dans la construction de ses Tables une avance empirique de 38″,3 par siècle à la longitude du périhélie de Mercure calculée d'après la théorie newtonienne des grosses planètes. Newcomb a introduit dans ses Tables une avance de 43″,37, et avait obtenu dans un Mémoire antérieur la valeur 42″,95. Ces deux dernières valeurs sont en accord remarquable avec le nombre 42″,9 déduit dans la théorie de la Relativité de la loi de gravitation définie par les géodésiques du ds^2 de Schwarzschild. En fait les deux nombres considérés doivent être corrigés.

En premier lieu, comme l'a montré [1] Grossmann, le nombre 42″,95 doit être diminué de 2″,37, car Newcomb, appliquant la formule de la longitude du périhélie donnée par Le Verrier pour représenter les observations, retranche, pour passer du plan de l'écliptique et de l'équinoxe à l'instant t au plan de l'écliptique et à l'équinoxe de l'origine du temps, la précession générale de Le Verrier, soit 50″,23572 t, mais non le terme complémentaire provenant du mouvement de l'écliptique et relatif à Mercure, soit 0″,0237 t. Le nombre 42″,95 se réduit ainsi à 40″,58.

En second lieu Newcomb obtient le nombre 43″,37 en répartissant les avances empiriques des périhélies des quatre planètes intérieures au moyen de la loi de Hall, c'est-à-dire en supposant que l'avance par révolution est la même pour toutes les planètes : si l'on admet au contraire la théorie de la Relativité ou toute loi de gravitation différente de la loi de Hall, il faut rejeter cette partie de la discussion de Newcomb, et s'en tenir aux écarts résultant plus directement des observations.

Dans un tableau célèbre [2], Newcomb a donné comme écart du produit $e\delta\varpi$ relatif à Mercure et pour un siècle 8″,48, d'où la valeur correspondante de l'avance $\delta\varpi = 41''{,}24$. Grossmann a montré que la valeur de la longitude du périhélie, tirée des observations par Newcomb, et par conséquent le nombre 41″,24, doivent, comme précédemment le nombre 42″,95, être diminués de 2″,37 : mais le nombre 41″,24 doit subir aussi une cor-

---

(1) *Astronomische Nachrichten*, Band 214, 1921, p. 47; *Zeitschrift für Physik*, Band 5, 1921, p. 282.

(2) *The elements of the four inner Planets and the fundamental Constants of Astronomy*, Washington, 1895, p. 109.

rection en sens inverse. En effet, Newcomb inscrit dans son tableau pour valeur calculée de la quantité $e\frac{d\varpi}{dt}$ la valeur calculée à la page précédente de la quantité $e\frac{d\varpi_1}{dt}$, soit 109″,76. La longitude du périhélie ϖ, selon la définition classique, est comptée à partir de l'équinoxe fixe sur l'écliptique fixe jusqu'au nœud, puis sur le grand cercle de l'orbite à partir du nœud jusqu'au rayon vecteur du périhélie; au contraire l'angle ϖ_1 représente la longitude du périhélie comptée dans le plan de l'orbite à partir d'un point fixe. Pour obtenir la dérivée $\frac{d\varpi}{dt}$, il faut donc ajouter à la valeur calculée de $\frac{d\varpi_1}{dt}$ la quantité connue $2\sin^2\frac{i}{2}\frac{d\Omega}{dt}$, qui varie en un siècle de — 3″,37. Donc *le nombre* 41″,24 *doit être diminué d'une part de* 2″,37, *et d'autre part de* — 3″,37 : *au total ce nombre doit être remplacé* (¹) *par* 42″,24.

Les nombres 38″,3 ; 40″,58 ; 42″,24 s'écartent peu en valeur relative : dans un phénomène d'un telle complexité, une mesure entachée d'une erreur relative d'un dixième pourrait être considérée comme bonne. Mais, si l'on veut tenir compte des observations méridiennes, la critique des résultats de Le Verrier et de Newcomb fait apparaître une incertitude plus grande. En effet Newcomb a considéré d'abord deux solutions des équations de condition résultant des observations, la solution A tirée des seules observations méridiennes, et la solution B où sont combinées les observations méridiennes et les observations de passage : puis il a rejeté la solution A. Grossmann fait remarquer (²) que dans la solution A l'avance du périhélie de Mercure serait moindre de 8″,53 qu'elle n'est dans la solution B : ainsi, *en diminuant en quelque sorte le poids des observations de passage vis-à-vis des observations méridiennes, on réduit le nombre* 42″,24 *à* 33″,71. Mais on peut remarquer d'autre part que Le Verrier a tiré la valeur 38″,3 des seules observations de passage, et a constaté qu'en tenant compte des observations méridiennes, c'est-à-dire en diminuant de même le poids de celles-là vis-à-vis de celles-ci, *on serait conduit au contraire à augmenter l'avance du périhélie de Mercure*, puisque Le Verrier écrit (³) même le nombre 60″.

Une nouvelle étude des écarts entre la théorie newtonienne des planètes

---

(¹) D'ailleurs, à la page 185 du Livre cité, Newcomb indique comme correction totale dans le passage de $\frac{d\varpi_1}{dt}$ à $\frac{d\varpi}{dt}$ 1″,06.

(²) *Loc. cit.*, p. 52 et 283.

(³) *Annales de l'Observatoire de Paris*, 5, 1859, p. 95.

et l'observation présenterait à l'heure actuelle une importance capitale, et il semble, en raison de l'accroissement de la précision des observations méridiennes, qu'une telle étude pourrait donner des résultats plus concordants et plus précis que les résultats obtenus par Le Verrier et Newcomb.

ACOUSTIQUE. — *Sur la propagation d'ondes aériennes produites par des étincelles ou des amorces.* Note de M. **Th. Vautier.**

Au cours de nos expériences dans la conduite posée par la Ville de Lyon sur le cours Gambetta prolongé [1], nous avons étudié la propagation d'ondes sonores de longueur et de puissance très différentes; celles qui font l'objet de cette Note ont été produites par des étincelles électriques et des amorces de pistolet non chargé de poudre; ces ondes ne déplacent pas les franges lors de leur passage devant l'interféromètre au moyen duquel nous avons précédemment enregistré les formes d'ondes explosives : leur pression maximum est donc inférieure à $0^{mm},1$ d'eau; nous avons pu néanmoins déterminer avec précision, sinon leur forme, du moins leur vitesse, en enregistrant sur un cylindre tournant muni d'une pellicule photographique les instants de leurs passages donnés par les signaux optiques de microphones ou d'autres membranes élastiques munies de petits miroirs. Nous avons limité le parcours des ondes à $207^{m},45$ en scellant dans la conduite deux plaques de tôle; l'étincelle éclatait sur l'une d'elles. Pour rendre les vitesses obtenues à des jours différents comparables entre elles avec toute la précision que comportent la méthode et le matériel employés, il est nécessaire d'éliminer les différences dues aux variations de l'humidité et surtout de la température; indépendamment de la fixation de la valeur moyenne de ces deux éléments d'après les indications des thermomètres et hygromètres enregistreurs, nous avons adopté le procédé suivant.

Pendant chaque journée d'expérience nous intercalions entre les inscriptions des ondes d'étincelle quelques inscriptions d'ondes d'amorce de pistolet tirées avec le pistolet non chargé de poudre; ces ondes faibles et courtes définissent bien l'état de la température et de l'humidité de la conduite; nous avons constaté en effet que les vitesses d'une même journée concordent à $\pm 4^{cm}$ près et même moins, donc au dix-millième près : les différences de vitesse données par la lecture de leurs tracés dépendront

---

[1] *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 256.

presque entièrement de la variation de la température et de l'humidité de la conduite. Dès lors il ne nous restait plus qu'à prendre pour vitesse type la moyenne des vitesses d'une des journées pour laquelle l'ensemble des circonstances ambiantes et notamment les indications des enregistreurs nous donnaient le plus sûrement la température et l'humidité moyennes; nous avons adopté le 21 septembre au matin, pour lequel $t = 19°,9$ et $\frac{f}{F} = 0,68$; la vitesse moyenne (4 expériences) des ondes d'amorce trouvée ce jour-là a été de $343^m,26$, nous la prendrons comme type; cette vitesse, réduite à o sec par la formule classique, est de $330^m,58$; donc, en déduisant $330^m,58$ des vitesses trouvées dans les diverses journées pour les ondes d'amorce, nous aurons la correction à retrancher des vitesses d'ondes d'étincelle des mêmes jours pour les ramener à o sec; telle est après cette correction la valeur des vitesses de ces ondes inscrite dans le tableau suivant qui contient les puissances mises en jeu dans les étincelles et leurs distances explosives. Ces résultats sont ceux que nous a donnés un microphone placé au centre de la conduite, dont le courant, après avoir passé dans un amplificateur à 3 lampes, était reçu par un téléphone monté en oscillographe; ils montrent que ni la puissance de l'étincelle ni sa distance explosive n'ont d'influence appréciable sur la vitesse de l'onde aérienne.

Vitesse moyenne des ondes d'étincelles du 1er au dernier passage (21, 22 septembre).

Distance explosive.	Puissance en joules.	Expériences. I.	II.	III.	IV.	Moyenne.
mm 30..........	41	330,54	59	58	59	330,57
28..........	39,4	330,55	55	58	56	330,56
20..........	33	330,58	56	58	57	330,57
15..........	24,3	330,56	61	59	60	330,59
10..........	19,6	330,59	64	60	59	330,60
7,5........	14,2	330,49	58	57		330,55
5..........	8,5	330,61	40			330,50
5..........	17	330,50	54			330,52
5..........	34	330,57	52	57	55	330,55

Les vitesses d'ondes d'étincelle inscrites dans la dernière colonne sont concordantes entre elles à environ $\pm 4^{cm}$, c'est-à-dire à ± 1 dix-millième près. Chacune d'elles est la moyenne de quatre expériences de la même journée figurant dans l'avant-dernière colonne, dont les écarts ne dépassent

guère $\pm 3^{cm}$, soit ± 1 dix-millième et dont chacune est elle-même la moyenne des vitesses trouvées entre les divers passages, au nombre de 5 à 15 suivant la puissance de l'étincelle, qui concordent à $\pm 6^{cm}$. Nous avons établi de la même manière pour les ondes d'amorce un tableau qui donne la vitesse moyenne des quatre expériences d'une même journée laquelle fixe le terme correctif expliqué ci-dessus; les concordances sont les mêmes que pour les vitesses d'ondes d'étincelles. Nous pouvons donc conclure que la vitesse des ondes d'étincelle est $330^{m},56$ à ± 1 dix-millième près, celle des ondes d'amorce étant de $330^{m},58$ à la même approximation. Ces valeurs reposent sur la lecture de 31 expériences d'étincelle et 12 d'amorces; elles se rapportent à la température de 0° avec la possibilité d'un écart maximum de $-0,4$ et probable de $\pm 0,2$, écart correspondant à $\pm 12^{cm}$ dans la vitesse. L'onde des amorces parcourant toute la conduite, donne pour comparer les diverses journées une précision qu'on ne peut avoir avec les enregistreurs qui fixent des températures locales dont il faut déduire la température moyenne.

MAGNÉTISME. — *Sur le paramagnétisme constant des solutions.* Note de Mlle **Paule Collet**, présentée par M. Paul Janet.

En collaboration avec M. Pierre Weiss, j'ai signalé, pour la première fois [1], l'existence d'un paramagnétisme indépendant de la température dans une solution. Les mesures, faites par la méthode d'ascension, entre 14° et 50°, sur le bichromate de potassium dissous, donnent pour le coefficient d'aimantation atomique du chrome

$$\chi_{Cr} = 63,3 \times 10^{-6} \quad \text{à } 10^{-6} \text{ près.}$$

Cette valeur se place sur la branche descendante de la courbe des paramagnétismes constants [2].

Il est intéressant de constater que ce paramagnétisme constant ne diffère pas de celui que présente le même sel à l'état solide. En effet, entre 12° et 90°, le bichromate solide, étudié par la méthode d'attraction, conduit encore à

$$\chi_{Cr} = 63,3 \times 10^{-6} \quad \text{à } 0,1 \times 10^{-6} \text{ près.}$$

(1) *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 2146.
(2) *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 2146 (figure).

La concordance remarquable des résultats souligne l'intérêt des paramagnétismes constants en solution.

D'autre part, une solution de chlorure lutéocobaltique, entre 14° et 50° (méthode d'ascension), donne, pour l'atome de cobalt, un coefficient d'aimantation constant

$$\chi_{Co} = 14,4 \times 10^{-6} \quad \text{à } 0,2 \times 10^{-6} \text{ près.}$$

Cette valeur trouve encore sa place sur la courbe indiquée plus haut.

C'est le second exemple que nous ayons rencontré de solutions à paramagnétisme constant.

PHOTOCHIMIE. — *Méthode de dosage des gaz colorés, fondée sur l'emploi de la pile photo-électrique, et son application au cas des vapeurs nitreuses.* Note de MM. **Hippolyte Copaux** et **André Copaux**, présentée par M. Ch. Moureu.

La pile photo-électrique aux métaux alcalins, employée dans certains travaux de physique comme photomètre impersonnel très sensible, doit être un instrument supérieur aux spectrophotomètres à estimation visuelle pour doser instantanément, par absorption de lumière, des substances colorées transparentes; c'est ce que nous avons vérifié sur un cas particulier qui nous intéressait spécialement, celui des vapeurs nitreuses diluées dans un grand excès d'air.

Notre expérience a consisté à interposer, entre le photomètre et une source lumineuse constante, un tube de longueur convenable, parcouru par le mélange gazeux coloré, et à mesurer la quantité de lumière transmise, en fonction de la teneur du gaz en peroxyde d'azote, déterminée séparément par voie chimique.

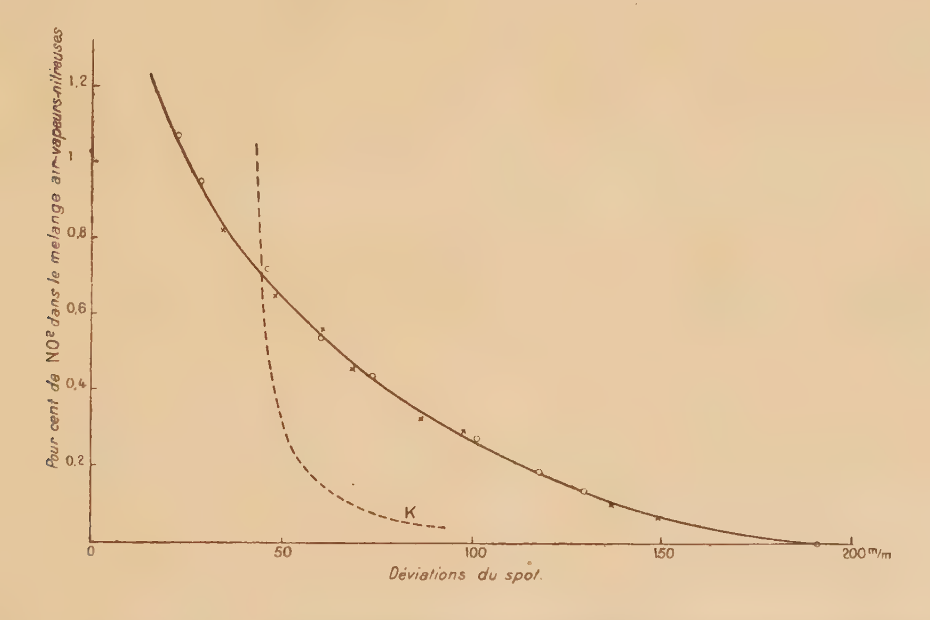
La pile dont nous nous sommes servis est d'un modèle construit par la Société de recherches et de perfectionnements industriels. Elle est reliée, suivant le montage habituel, par sa cathode, au pôle négatif d'une batterie de petits accumulateurs de 120 volts, par l'anode, à l'une des bornes d'un galvanomètre sensible, donnant une déviation de 1^{mm} à 1^{m} de distance, pour un courant de 2×10^{-10} ampères environ. Le circuit était fermé par liaison à la terre de l'autre borne du galvanomètre et du pôle positif de la petite batterie. Avec une lampe de 50 bougies, alimentée sous 90 volts bien constants, un écran bleu, le galvanomètre défini plus haut, et un tube de 21^{cm} de longueur, rempli d'air, la déviation du galvanomètre atteint 19^{cm} à 1^{m} de distance,

Le mélange gazeux était composé, au cours des expériences mêmes, à partir de bioxyde d'azote et d'air, débités chacun sous pression constante et réglable, et desséchés séparément ; les gaz, réunis dans un flacon mélangeur, traversent le tube d'absorption, puis une ampoule de volume connu, servant à la prise d'essai, et sont enfin évacués au dehors.

Quand le régime est bien établi et la déviation du galvanomètre devenue invariable, on détache l'ampoule, on y introduit un peu d'eau sous une légère pression et, après quelques minutes de contact, on dose l'acidité du contenu par la soude $\frac{n}{50}$, avec du rouge de méthyle pour indicateur. Connaissant le volume de l'ampoule, on calcule la proportion de NO^2 dans le gaz prélevé, d'après les réactions :

$$2NO^2 + H^2O \rightarrow NO^2H + NO^3H;$$
$$NO^2H + NO^3H + 2NaOH \rightarrow NO^2Na + NO^3Na + 2H^2O.$$

C'est ainsi qu'ont été déterminés les points de la courbe ci-dessous, des-



sinée en traits pleins, qui correspond à deux séries de mesures, faites à des jours différents et à des températures notablement différentes, 11° et 17°. Si la superposition n'est pas rigoureuse, cela tient beaucoup moins au principe de la méthode qu'à des défauts accessoires ; ainsi, dans l'une des séries de mesures, le courant d'éclairage n'est pas resté tout à fait constant, et surtout, nous avons eu quelque difficulté à tenir invariable, pendant toute la durée des observations, la composition de certains mélanges.

Telle quelle, la méthode s'est montrée exacte à 0,05 pour 100 près, dans les limites où nous l'avons appliquée, et nous estimons qu'avec un montage où la composition des gaz serait la seule variable, elle accuserait facilement, entre les teneurs de 0,2 à 0,7 pour 100 en peroxyde d'azote, des différences de l'ordre de 0,02 pour 100.

Quant à la courbe en traits discontinus, elle représente la variation du coefficient d'absorption avec la concentration. Nous l'avons calculée en introduisant les coordonnées de quelques points de la courbe principale dans la formule de l'absorption :

$$J = J_0 e^{-KC}, \qquad \text{d'où} \qquad K = \frac{1}{C} \operatorname{Log} \frac{J_0}{J},$$

C étant la concentration et $\frac{J_0}{J}$, le rapport de l'intensité incidente à l'intensité transmise, égal au rapport des déviations galvanométriques correspondantes.

Avec un corps normal, K serait constant. Ici, il augmente, à partir des concentrations élevées, d'abord doucement, puis très vite, depuis 0,2 pour 100 jusqu'à la concentration nulle.

Cela prouve qu'aux grandes dilutions, la dissociation du peroxyde d'azote devient très sensible aux changements de la pression partielle, et que le peroxyde s'enrichit en substance colorée, la seule que mesure la pile. Tout cela est d'accord avec la formule de l'équilibre $N^2O^4 \rightleftharpoons 2NO^2$ et avec l'hypothèse classique qui attribue à la seule forme NO^2 la coloration du peroxyde d'azote.

Nous nous proposons d'étudier cette méthode sur des mélanges plus riches.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Application des mesures capillaires à l'étude des mélanges d'acides gras.* Note de M. **René Dubrisay**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

On détermine souvent la composition d'un mélange binaire d'acides gras par analyse physico-chimique, c'est-à-dire que l'on étudie les variations d'une grandeur physique convenablement choisie (point de fusion, indice de réfraction, etc.) en fonction de la composition du mélange : il suffit ensuite de mesurer la même grandeur sur un produit pour pouvoir par interpolation en déduire la composition.

Cette méthode peut évidemment s'appliquer aux tensions superficielles qui s'exercent à la surface de séparation de liqueurs alcalines et de solu-

tions benzéniques de mélanges d'acides, ces tensions étant mesurées par la méthode des gouttes suivant le procédé indiqué dans des Notes antérieures [1].

J'ai tout d'abord opéré sur des mélanges d'acide myristique et d'acide stéarique mis en solution benzénique au titre de 1 pour 100. Les résultats sont consignés dans le Tableau I.

Tableau I. — *Écoulement dans la benzine d'une liqueur sodique* N/1600.

Solution d'acide stéarique.	Solution d'acide myristique.	Volume de 10 gouttes.
Pour 100.	Pour 100.	cm^3
0	100	1,07
25	75	1,03
50	50	0,64
75	25	0,20
100	0	0,03

Un mélange équimoléculaire d'acide stéarique (en C^{18}) et d'acide myristique (en C^{14}) a même indice de neutralisation que l'acide palmitique (en C^{16}). Il peut aisément en être distingué par une mesure de tension superficielle. On voit en effet sur le Tableau précédent qu'un mélange à poids égaux des deux acides, qui est voisin du mélange équimoléculaire, correspond pour l'écoulement de 10 gouttes à un volume de 0,64; avec la même burette, la même liqueur sodique a donné un volume de 0,07 dans une solution à 1 pour 100 d'acide palmitique.

La netteté de ce résultat m'a conduit à appliquer la même méthode à un autre problème. En 1881, M. Gérard avait extrait de l'huile de datura un acide en C^{17} qu'il avait appelé acide daturique. L'existence de ce composé, d'abord contestée, avait été confirmée par les travaux de Meyer et Beer; plus récemment, M. J.-J. Trillat a montré que le spectrogramme de rayons X de l'acide de M. Gérard différait de ceux de l'acide palmitique et de l'acide stéarique.

M. Trillat a bien voulu me donner une partie de l'acide daturique qui lui avait servi; je l'ai dissous dans la benzine au titre de 0,5 pour 100 et j'ai comparé la tension superficielle de cette solution au contact de liqueurs de soude à celles que l'on obtient dans les mêmes conditions avec des mélanges de solution à 0,5 pour 100 d'acide stéarique et d'acide palmitique. Les résultats obtenus ont été consignés dans les tableaux II et III.

---

(1) *Comptes rendus*, **177**, 1917, p. 589; **178**, 1918, p. 205.

TABLEAU II. — *Écoulement dans la benzine d'une liqueur de soude* $\frac{N}{600}$.

Taux pour 100 de la solution d'acide stéarique.	Taux pour 100 de la solution d'acide palmitique.	Volume de 10 gouttes.
		cm³
0	100	0,135
33,33	66,66	0,090
50	50	0,080
100	0	0,070

Avec la solution d'acide daturique le volume de 10 gouttes était 0,105.

TABLEAU III. — *Écoulement dans la benzine d'une solution de soude* $\frac{N}{1500}$.

Taux pour 100 de solution d'acide stéarique.	Taux pour 100 de solution d'acide palmitique.	Volume de 10 gouttes.
		cm³
0	100	0,280
50	50	0,195
100	0	0,150

Avec la solution d'acide daturique le volume de 10 gouttes était 0,250.

La tension superficielle des solutions d'acide daturique est donc dans les deux cas nettement différente de celle du mélange à poids égaux des acides stéarique et palmitique qui, ici encore, correspond très approximativement au mélange équimoléculaire de ces deux acides. L'existence de l'acide daturique se trouve ainsi confirmée, ou, plus rigoureusement, les chiffres précédents établissent que le corps étudié diffère du mélange équimoléculaire des acides stéarique et palmitique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'exposant d'hydrogène de l'eau.* Note de MM. A. KLING et A. LASSIEUR, présentée par M. J. Perrin.

La constante de dissociation de l'eau, a été déterminée par de nombreux expérimentateurs, employant des méthodes diverses. Ils se sont accordés pour lui assigner la valeur moyenne 10^{-14}, les déterminations les plus récentes et les plus certaines, conduisant au nombre $10^{-14,14}$.

En admettant que l'eau soit exclusivement dissociée selon l'équation

$$H^2O \rightleftharpoons H + OH,$$

l'exposant d'hydrogène de l'eau a pour valeur pH = 7,07, ou approximativement 7,0. Ce nombre caractérise la réaction des milieux liquides dits neutres, c'est-à-dire de ceux qui renferment autant d'ions H que d'ions OH. La dissociation de l'eau, limitée à celle de molécules simples, peut, tout au moins hypothétiquement se produire aussi selon l'équation

$$H^2O \rightleftharpoons 2H + O.$$

Bien que cette forme de dissociation n'ait pas été observée, il serait téméraire d'en nier la possibilité. D'un autre côté, l'eau ne renferme pas que des molécules simples, mais aussi des molécules polymérisées, et plus particulièrement des molécules $(H^2O)^3$. Nous ignorons si ces molécules ne subissent pas des dissociations particulières, mais ici encore, nous devons admettre, tout au moins, la possibilité d'ionisations de forme inconnue. Il résulte de tout ceci, que la notion théorique de l'exposant d'hydrogène de l'eau, repose sur des bases fragiles et insuffisamment établies.

Les mesures de cet exposant d'hydrogène, présentent des difficultés spéciales, du fait de la grande résistance électrique de l'eau, qui rend à peu près impossible l'emploi de la méthode potentiométrique classique. Les expérimentateurs se sont généralement contentés de la méthode colorimétrique, la seule dont ils pouvaient disposer. H.-A. Fales et J.-M. Nelson (1) ont ainsi trouvé que le pH de l'eau était d'environ 5,8. Dawson (2) a indiqué la valeur de pH = 7. H. T. Beans et E. T. Oakes (3) en employant une ingénieuse variante de la méthode électrométrique, ont trouvé que l'exposant d'hydrogène de l'eau était sensiblement égal à 8. La discordance de ces différents résultats montre combien nos connaissances sur la constitution de l'eau sont encore incomplètes.

Nous nous sommes efforcés de déterminer le pH de l'eau, en opérant sur un liquide aussi purifié que possible et en nous mettant à l'abri des causes d'erreur, provenant de l'attaque des vases et de la présence de l'acide carbonique de l'atmosphère. Nos purifications d'eau ont été effectuées dans un appareil distillatoire de platine entièrement clos, les mesures colorimétriques de l'exposant d'hydrogène on été faites sans que l'eau purifiée ait été au contact d'acide carbonique et sans utiliser d'autres récipients que ceux en platine. La description de l'appareil et le détail des expériences seront

(1) *J. Amer. Chem. Soc.*, 37, 1915, p. 2769.

(2) *J. Phys. Chem.*, 29, 1925, p. 551.

(3) *J. Amer. Chem. Soc.*, 42, 1920, p. 2116.

donnés ailleurs. Les valeurs du pH obtenues par colorimétrie ont été confrontées avec celles qui nous ont été fournies par la méthode électrométrique, l'eau ayant été rendue conductrice pour ces dernières déterminations, par addition de chlorure de potassium. La concordance entre les deux mesures a été bonne.

Nous résumons comme suit, le résultat de nos expériences :

1° Une seule distillation de l'eau, dans un alambic de platine, fournit un liquide de $pH = 5,8$ environ. Si l'eau primitive renferme des traces d'ammoniaque, il est nécessaire de chasser celle-ci, dans les têtes de distillation, en alcalinisant au préalable le liquide en expérience.

2° La réaction caractérisée par un pH de 5,8 ne change pas, quel que soit le degré auquel on pousse la purification, et quelle que soit la méthode employée : distillation en présence d'alcali ou d'acide, congélation fractionnée, opérations effectuées à l'abri de toutes traces de gaz carbonique.

3° L'eau de $pH = 5,8$, abandonnée à elle-même, soit en flacon de platine, soit dans un vase de verre d'Iéna, bouché ou non, conserve sa réaction qui peut être considérée comme absolument fixe, l'atmosphère ambiante ayant une composition normale.

4° En supposant que l'acidité observée, soit due à la présence de gaz carbonique en solution dans l'eau, la concentration de celui-ci, serait de l'ordre de $\frac{N}{100000}$.

5° En admettant la présence de cette teneur de gaz carbonique dans l'eau, la mesure acidimétrique, effectuée par saturation au moyen d'une liqueur de baryte titrée montre que la quantité d'alcali consommée, est de 5 à 6 fois supérieure à celle indiquée par le calcul.

Il résulte de ces expériences, que nous sommes amenés à envisager deux hypothèses, entre lesquelles nous n'avons pu jusqu'ici faire de choix :

1° Ou bien l'eau possède une réaction acide propre, son exposant d'hydrogène étant de 5,8 environ, et cette réaction ne peut être attribuée à du gaz carbonique retenu opiniâtrement, à teneur constante.

2° Ou bien les méthodes de mesure des pH, actuellement à notre disposition, fournissent des résultats erronés, tout au moins dans le cas de l'eau purifiée autant qu'il est possible.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la variation de la résistance des aciers ordinaires doux et dur, au choc par traction, avec la température.* Note de MM. **J. Cournot** et **K. Sasagawa**, présentée par M. Léon Guillet.

Nous avons voulu, dans cette étude, rechercher comment se comportaient à différentes températures les aciers ordinaires doux et dur au point de vue choc par traction.

Nous avons effectué les essais à l'aide du mouton-pendule Charpy ordinaire de 30^{kgm}, prévu, on le sait, pour ce mode de sollicitation. Nous avons, toutefois, en raison du dispositif de chauffage, été obligés d'augmenter la longueur des éprouvettes normales, et par suite d'allonger d'autant les butées fixes. L'éprouvette avait une longueur totale de 180^{mm}, la région rétrécie utile mesurant 45^{mm} de longueur et $6^{mm},4$ de diamètre.

Le four électrique de chauffage était fixé à la traverse de butée mobile, de sorte que les expériences se sont déroulées comme suit : le pendule étant à sa position de décrochage, une des têtes de l'éprouvette est vissée sur lui; l'ensemble four-traverse de butée est vissée sur l'autre tête, le courant est lancé; lorsque la température de l'essai, contrôlée par un couple thermo-électrique Le Chatelier, est atteinte, elle est maintenue pendant 10 minutes, puis le four est rapidement débranché, le couple enlevé, et l'on décroche le pendule qui entraîne, par conséquent, le four électrique en même temps que l'éprouvette et la traverse; l'arrachement est donc produit à l'intérieur même du four; ce dernier a résisté aux 23 premiers essais consécutifs sans se détériorer, après quoi il a fallu refaire l'enroulement.

Les aciers essayés avaient les compositions suivantes :

	C.	Mn.	Si.	S.	P.
Acier extra-doux (pour 100)...	0,04	0,57	0,005	0,04	0,11
Acier extra-dur » ...	0,97	0,41	0,19	0,004	0,02

Les éprouvettes avaient été préalablement recuites, durant 10 minutes, à 830° et 800° avec refroidissement lent.

Nous avons ainsi déterminé le travail de choc T par unité de volume de la partie utile de l'éprouvette, en kgm : cm³, et l'allongement A pour 100 de cette partie utile. Nous avions également calculé le rapport du travail précédent à cet allongement, rapport désigné par certains auteurs anglais sous le nom de *tension unitaire moyenne*, cette caractéristique correspondant à la charge de rupture dans les essais ordinaires de traction; cette correspondance n'est nullement vérifiée par nos expériences.

Les principaux résultats sont groupés dans le tableau ci-après :

	20°.	100°.	200°.	300°.	400°.	500°.	600°.	625°.	650°.	700°.	750°.	800°.
	Acier extra-doux :											
T...	14,2	14,9	16,3	14,1	9,5	7,5	13,6	14,3	13,5	11,2	11,6	9,5
A...	28,8	32,0	37,8	35,6	26,7	20,6	30,5	37,8	31,2	32,2	44,4	38,8
	Acier extra-dur :											
T...	11,7	12,6	12,9	11,6	9,3	6,8	5,7	"	7,0	15,5	"	10,1
A...	10,7	12,9	14,2	15,1	12,5	7,8	7,6	"	9,8	30,6	"	25,4

Pour les travaux absorbés par le choc et rapportés à l'unité de volume, nous avons donc une légère remontée des courbes jusqu'à 200° environ, comme pour la charge de rupture à la traction ; puis il y a un minimum (500° pour les aciers extra-doux, 600° pour les extra-durs) suivi d'un maximum très accusé (625° pour les extra-doux, 700° pour les extra-durs) avec chute rapide ensuite. Les variations des allongements sont analogues dans leur ensemble, mais proportionnellement plus accusées. Cette remontée des caractéristiques dès 500 à 600°, c'est-à-dire bien avant l'apparition de la solution solide, correspond aux résultats trouvés pour le choc par flexion.

Nous avons également effectué des essais sur un acier au nickel à 0,62 pour 100 de carbone et 25,5 pour 100 de nickel, mais les résultats obtenus sont beaucoup plus complexes, ce qui n'a rien de surprenant avec les transformations possibles dans cet alliage sous l'action simultanée de la température et de l'écrouissage; des essais plus complets sont entrepris en vue d'élucider les phénomènes qui s'y produisent.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action du phosgène sur la glucine. Préparation du chlorure de glucinium.* Note de MM. **C. Matignon** et **J. Cathala.**

Le phosgène, qui est aujourd'hui un produit commercial, doit pouvoir constituer un excellent agent de chloruration des oxydes; son emploi paraît tout particulièrement indiqué quand il s'agit de préparer un chlorure très volatil, comme celui du glucinium. Un tel chlorure difficilement maniable, à cause de son extrême sensibilité aux moindres traces d'humidité, se trouve *ipso facto* séparé des produits tous gazeux qui interviennent

dans la chloruration :

$$GlO + COCl^2 = GlCl^2 + CO^2.$$

Le chlorure de soufre, sur lequel M. Bourion et l'un de nous avons basé une nouvelle méthode générale de préparation des chlorures métalliques d'une application particulièrement commode ([1]), conviendrait sans doute moins bien ici, à cause de la difficulté d'obtenir un chlorure de glucinium complètement séparé du chlorure de soufre.

Nous avons d'abord constaté que la chloruration est effective et nous avons ensuite étudié systématiquement sa vitesse en fonction de la température et de la vitesse du courant gazeux.

La glucine placée dans une nacelle de quartz transparent, dans des conditions toujours les mêmes d'une expérience à l'autre, est chauffée dans un tube de porcelaine maintenu à température constante par un chauffage électrique. A ses deux extrémités, le tube est fermé par deux capuchons de verre rodés. L'un des capuchons conduit les gaz à la sortie sur une cuve à mercure par l'intermédiaire d'un tube abducteur dépassant 76^{cm} de hauteur. Le deuxième capuchon est relié à un appareil produisant un courant régulier de phosgène et à une batterie de deux trompes Laugmuir et d'une trompe à eau.

Pour éliminer l'influence des périodes de chauffage et de refroidissement, qui ne correspondent pas à un régime défini, on tourne la difficulté en opérant dans le vide pendant ces périodes initiale et finale.

Quand la température désirée est atteinte, on établit rapidement la pression de phosgène et, à la fin de l'expérience, on fait de nouveau le vide aussi rapidement que possible. La durée de ces opérations, qui ne dépasse pas quelques minutes, ne peut fausser la mesure du temps pour des expériences qui se prolongent pendant plus d'une heure.

La constance de la vitesse du courant de phosgène est assurée par l'écoulement du mercure, provenant d'un récipient à niveau constant, dans un voluménomètre qui contient le gaz oxychlorure.

Avant chaque expérience, la nacelle est remplie de glucine et maintenue pendant 1 heure à 1000°. On assure ainsi d'une façon plus rigoureuse la constance de la surface exposée aux gaz et celle de l'état de la glucine.

Nous ne donnerons ici que les résultats de deux séries d'expériences

---

([1]) Matignon et Bourion, *Annales Chim.*, 5, 1905, p. 127.

effectuées la première avec une vitesse de 920^{cm^3} à l'heure et la deuxième avec une vitesse sensiblement double (1915^{cm^3} à l'heure).

La réaction commence dès 350°.

Diminution de poids de la nacelle.	Température.	Durée.	Perte horaire.
Vitesse : 920^{cm^3} à l'heure.			
35 mg	350°	3 h	12 mg
190	450	3	63
330	550	2	165
227	600	1	227
277	700	1	277
314	800	1	314
361	600	1.5	337
275	1000	45	366
Vitesse : 1915^{cm^3} à l'heure.			
391 mg	550°	1 h 4.30 m	261 mg
392	700	14. 1	392
287	850	41	430
185	450	14.10	160
383	1000	44	500

La régularité des courbes construites avec ces données justifie le mode opératoire.

En doublant la vitesse du courant gazeux, on augmente la vitesse de réaction d'une quantité variable avec la température, mais qui oscille autour de 1 fois et demie sa valeur. La chloruration progresse rapidement quand augmente la température.

Tous les chiffres précédents, qui n'ont évidemment qu'une valeur empirique, permettent néanmoins de préciser les conditions de la réaction.

En résumé, l'oxychlorure de carbone constitue un excellent agent de préparation du chlorure de glucinium. Il y a intérêt à opérer à la plus haute température possible dans des appareils en quartz.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la bromuration du zinc en présence de divers solvants organiques.* Note de M. A. **Raynaud**, présentée par M. Moureu.

Au cours de recherches effectuées en collaboration avec MM. Gay et Ducelliez ([1]), nous avons eu l'occasion d'étudier l'action du brome sur différents métaux en présence de divers solvants. Après avoir opéré sur l'antimoine avec l'oxyde d'éthyle ([2]), j'ai repris ces expériences avec le zinc et le brome, seuls ou en présence de divers solvants.

Technique. — Du zinc et du brome rigoureusement sec (distillé en présence de P^2O^5) ont été mis, en présence de divers solvants, dans une série de tubes. Un tube témoin ne contenait aucun solvant. Dans les tubes qui ont reçu de l'eau et de l'oxyde d'éthyle, il s'est produit une réaction immédiate, tandis que dans les tubes contenant comme solvants du benzène, de la ligroïne, du tétrachlorure de carbone, de l'octane, de l'éther de pétrole, il n'y a eu aucune réaction apparente. Ceux-ci ont été scellés à la lampe (sauf ceux contenant des produits volatils trop inflammables, comme la ligroïne et l'éther de pétrole) et abandonnés à la température ambiante.

Ouverts au bout de 3 mois, ils ont donné les résultats suivants : dans le tube témoin, le zinc avait perdu 0,59 pour 100 de son poids initial ($3^g,712$); dans le tube à benzine, il avait perdu 0,2 pour 100 (poids initial : $4^g,923$) ([3]). Avec les autres solvants, aucune attaque décelable ne s'est produite.

Dans le cas où le solvant est soit l'eau, soit l'oxyde d'éthyle, on observe le phénomène suivant : si à du zinc en excès on ajoute une petite quantité de brome et une quantité suffisante de solvant, l'attaque se poursuit jusqu'à disparition complète du brome. Elle reprend par l'introduction d'une nouvelle quantité de brome. Si au contraire on met une petite quantité de solvant et une quantité suffisante de brome, l'attaque s'arrête au bout d'un certain temps et ne reprend que si l'on ajoute du solvant. En mettant suffisamment de solvant et de brome, le zinc est entièrement attaqué.

Avec l'eau, on a finalement

$$Zn + 2Br + aq = ZnBr^2 \text{ dissous.}$$

Dans ce cas, il est très vraisemblable, ainsi que l'ont admis MM. Gautier

([1]) *Comptes rendus*, 158, 1914, p. 576, 1804 et 2002; *Bulletin de la Société chimique de France*, 15-16, 1914, p. 737.

([2]) *Bulletin de la Société chimique de France*, 27, 1920, p. 411.

([3]) Au moment où le tube a été ouvert, il s'est produit un violent dégagement de HBr, attestant la bromuration du benzène. Donc le zinc n'est pas pratiquement attaqué par le brome, soit en présence du benzène, soit en présence du bromobenzène.

et Charpy (¹), qu'en présence du métal, l'eau est décomposée plus activement par l'halogène, tandis que le métal oxydé est en même temps transformé en bromure par l'hydracide.

Avec l'oxyde d'éthyle, l'expérience a été reprise en opérant dans l'appareil décrit par F. Ducelliez (²), et utilisé par nous pour l'obtention de certains bromures métalliques. En attaquant du zinc finement pulvérisé, placé sous une couche d'éther anhydre, par du brome ajouté par petites quantités, on obtient, après la réaction vive du début, d'abord une séparation du liquide en deux couches, puis, avec un excès de brome, un liquide homogène coloré en brun. En chassant l'excès de brome et d'éther par distillation de ce liquide au bain-marie, il reste finalement dans le ballon un liquide visqueux plus ou moins coloré.

Ce liquide ne fume pas à l'air; chauffé au bain de sable, il ne se décompose qu'au-dessus de 110°, en libérant de l'éther.

L'analyse de ce produit montre qu'il est constitué sensiblement par une molécule de bromure de zinc et une molécule d'oxyde d'éthyle.

Pour vérifier cette composition, j'ai préparé d'autre part du $ZnBr^2$ pur, qui a été mis en digestion dans de l'oxyde d'éthyle anhydre. Ce sel est assez soluble dans ce solvant (l'éther en dissout, à la température ordinaire, environ 45 pour 100 de son poids). La solution obtenue, distillée comme précédemment au bain-marie, a laissé un liquide, qui, abandonné sous cloche en présence de SO^4H^2, a cristallisé au bout de quelque temps (cristaux blancs, en feuilles, très déliquescents).

On peut obtenir plus rapidement ces cristaux en plaçant la solution éthérée de bromure de zinc sous une cloche en présence de suif et de SO^4H^2.

Les analyses faites sur plusieurs échantillons de ces cristaux ont confirmé l'exactitude du résultat trouvé précédemment, et permettent par conséquent d'établir que le composé formé dans l'action du zinc sur le brome en présence d'oxyde d'éthyle correspond bien à la formule

$$(ZnBr^2, (C^2H^5)^2O.$$

	Trouvé (moyenne de 3 analyses) pour 100.	Calculé pour $ZnBr^2, C^4H^{10}O$ pour 100.
Zinc	21,3	21,74
Brome	53,0	53,51
Éther	25,5	24,74

(¹) *Comptes rendus*, **113**, 1891, p. 597.

(²) *Procès-verbaux de la Société des Sciences de Bordeaux*, 1912-1913.

Conclusions. — 1° Le brome et le zinc, qui ne réagissent pas directement l'un sur l'autre d'une façon sensible, peuvent se combiner rapidement en présence de certains solvants.

2° Parmi ceux-ci, il semble que seuls permettent l'union du métal avec l'halogène, ceux qui, dissolvant à la fois le brome et le bromure formé, comme l'eau et l'oxyde d'éthyle, sont susceptibles de former eux-mêmes des combinaisons avec le bromure métallique.

L'existence du composé $ZnBr^2, (C^2H^5)^2O$, isolé au cours de ces recherches, apporte une confirmation nouvelle de ces vues.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la constitution des dérivés chlorés de la série phtalonique.* Note (1) de M. **A. Cornillot**, présentée par M. Béhal.

Nous avons décrit (2) nos expériences sur la chloruration, par divers réactifs, de plusieurs substances dérivées de l'acide phtalonique. Nous avons exposé comment ces nouveaux corps, dans lesquels on pouvait attendre une fonction chlorure d'acide fixée au noyau benzénique, se sont révélés, au contraire d'une si grande paresse dans toutes les réactions habituelles de cette fonction, que nous avons préféré les regarder comme des dérivés de l'acide α-chlorophtalide-carbonique, c'est-à-dire apparentés à la forme oxylactonique de l'acide phtalonique, d'où les schémas suivants pour nos réactions :

$$C^6H^4\langle{}^{CO-CO^2CH^3}_{CO^2H} \xrightarrow[(PCl^5,\ SOCl^2)]{} C^6H^4\langle{}^{C(Cl)-CO^2CH^3}_{CO}\rangle O$$

Éther phtalonique.

$$C^6H^4\langle{}^{CO-CONHC^6H^5}_{COH^2} \xrightarrow[SOCl^2]{} (^3)\quad C^6H^4\langle{}^{C(Cl)-CONHC^6H^5}_{CO}\rangle O$$

Acide phtalonanilique.

(1) Séance du 30 novembre 1925.

(2) Cf. *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 713; 179, 1924, p. 274.

(3) Nous avons vu antérieurement (*Comptes rendus*, 179, 1924, p. 274) que cette réaction donne aussi naissance à la phénylphtalide.

et, comme nous l'avons reconnu depuis,

$$C^6H^4\begin{cases}CO-CO^2H\\CO^2H\end{cases}\xrightarrow[(SOCl^2)]{}\ ([1])\ C^6H^4\begin{cases}\overset{\overset{Cl}{|}}{C}-COCl\\ \quad >O\\ CO\end{cases}$$

On voit immédiatement quel intérêt présentent ces composés pour l'étude de la constitution des dérivés phtaloniques; la présente Note a pour objet de décrire l'action du benzène et du chlorure d'aluminium sur les éthers chloro-phtalide-carboniques.

La réaction de Friedel donne un résultat très net, pourvu que l'on prenne les précautions suivantes : emploi de l'éther éthylique (dont le chlore est plus mobile), addition progressive du chlorure d'aluminium dans le ballon, où l'on a dissous tout l'éther chloré dans 4 fois et demi son poids de benzène ; longue reprise de la résine obtenue à l'acide chlorhydrique étendu. On obtient ainsi une solution benzénique; agitée avec une solution de bicarbonate de soude, elle abandonne un peu d'*acide benzhydrol-o-carbonique*. Dans le benzène, reste de l'*éther α-phénylphtalide-carbonique* (f. 70°).

La constitution de cette substance nouvelle n'est pas douteuse; d'abord elle ne contient aucune fonction cétone décelable à la semicarbazide; puis elle se décompose, sous l'action, même extrêmement ménagée, des alcalis en C^2H^5OH, CO^2 et α-phénylphtalide. Les acides réagissent de même (quoique bien plus difficilement); c'est ce qui diminue le rendement, quantitatif quant à la fixation du phényle, de la réaction de Friedel.

$$C^6H^4\begin{cases}\overset{\overset{C^6H^5}{|}}{C}-CO^2C^2H^5\\ \quad >O\\ CO\end{cases}+2KOH = C^6H^4\begin{cases}CH-C^6H^5\\ \quad >O\\ CO\end{cases}+CO^2+C^2H^5OH$$

$$\downarrow (H^2O)$$

$$C^6H^4\begin{cases}CHOH-C^6H^5\\CO^2H\end{cases}$$

Acide benzhydrolcarbonique.

Ce résultat prouve clairement :

([1]) Le chlorure d'acide chlorophtalide-carbonique que nous avions antérieurement préparé par action de PCl^5 sur l'anhydride phtalonique (*Comptes rendus*, 178, 1924, p. 498) se forme à côté de l'anhydride phtalonique, et dans la proportion de 1 à 3, dans l'action de $SOCl^2$ sur l'acide phtalonique.

a. Que l'éther initial a réagi effectivement en totalité selon la formule que nous lui avons attribuée;

b. Que la substitution du phényle au chlore relâche considérablement la liaison qui retient le carboxyle terminal de la chaîne latérale.

LITHOLOGIE. — *Sur les caractères lithologiques des laves de l'Ahaggar, Sahara central (Mission Jacques Bourcart, 1922-1923).* Note de **MM. Jacques Bourcart et M.-E. Denaeyer.**

Le massif de l'Ahaggar porte de multiples traces d'une activité éruptive intense et récente ([1]); on y observe :

1° Des éruptions tertiaires (?) [*Série de l'Ilamân* ou *série phonolitique*] caractérisées par de grands empilements de coulées (Asekrem, Tabat) et des appareils disséqués dont il ne subsiste que des culots ou des réservoirs (Ilamân, etc.). Ces volcans occupent les sommets ou les pentes du Grand-Ahaggar et la région de Tamanr'asset, du mont Debenat à l'oued Outoul. Cette série est fréquemment recoupée par des *dykes ou des filons un peu plus récents*.

2° Des éruptions basaltiques pliocènes (?) [*Basaltes des plateaux*] dont les coulées immenses, sans appareils visibles (d'origine fissurale), couvrent le Petit-Ahaggar, les In-Taraïn et les faces nord et sud du Grand-Ahaggar. Ces coulées sont entaillées par le réseau hydrographique actuel.

3° Des éruptions récentes (Quaternaire) [*Basaltes des vallées*] avec des appareils bien conservés de type strombolien ou vulcanien, s'étendant sur le sommet et les faces nord et est du massif, ainsi que dans la région de Tit' à Abalessa. Les coulées se sont répandues dans les vallées actuelles dont elles recouvrent les terrasses.

Les caractères lithologiques de ces différentes séries sont bien tranchés ([2]).

([1]) J. Bourcart, *Un voyage au Sahara* (*Bull. Afr. Fr.*, *Rens. Col.*, nov.-déc. 1923); *Les volcans de l'Ahaggar* [*C. R. Congr. des Soc. sav. en* 1925, Sciences, Paris, 1925 (*sous presse*)].

([2]) Certaines roches étudiées ici correspondent à des types signalés antérieurement par d'autres auteurs, mais leurs observations n'avaient pas encore pu prendre place dans un système logiquement ordonné. Pour la bibliographie des travaux lithologiques se rapportant à l'Ahaggar, consulter :

M.-E. Denaeyer, *Compléments, à la lithologie du Sahara central* (*B. S. G. F.*, 4e série, 23, 1923, p. 295 à 303); *Les roches alcalines du Sahara central* (*C. R. Cong. des Soc. sav. en* 1923, Sciences, Paris, 1924, p. 219 à 229); *Essai de coordination*

La *série de l'Ilamân* comprend essentiellement des phonolites voisines des trachytes (trachytes β). Ces roches sont pour la plupart caractérisées par la présence de cristaux d'augite ægyrinique entourés d'une couronne d'ægyrine et de plages pœcilitiques, déchiquetées, d'une amphibole ferrifère et sodique, l'ænigmatite.

Au point de vue lithologique, on peut diviser ces roches en trois groupes : le premier renferme à la fois de la néphéline en cristaux nets et de la sodalite développée irrégulièrement entre les éléments de la pâte; le deuxième groupe présente les mêmes caractères, mais la néphéline en est absente. Ces deux groupes représentent, avec des types intermédiaires, la plus grande partie de la série; le troisième est constitué par une phonolite ægyrinique à cristaux d'haüyne bleuâtre (Asekrem).

A la série phonolitique de l'Ilamân sont subordonnés des trachytes alcalins (In-Taraïn, Asekrem et Tamanr'asset), un trachyte à phéno-cristaux de hornblende barkévicitique (mont Debenat, près de Tamanr'asset), une andésite quartzifère à olivine et une dacite à biotite (plateau de l'Asekrem).

Les filons et dykes d'âge plus récent, injectés dans la série précédente, sont formés de roches variées, avec ou sans silice libre, alcalines ou calco-alcalines.

Ce sont dans l'ordre de l'acidité : un microgranite leucocrate à micropegmatite (Asekrem), des trachytes ægyriniques à quartz intersertal (Imadouézen), comparables à ceux qui ont été décrits par M. A. Lacroix à Madagascar [1], des trachytes francs, des andésites, un trachyte β à ægyrine et une sölvsbergite à la limite de la tinguaïte (Asekrem).

Les *basaltes des plateaux* forment une série continue, allant des basaltes à silice saturée aux basanitoïdes, en passant par les basaltes β.

Ils renferment tous des phénocristaux d'olivine et d'augite en plus ou moins grande abondance; suivant la nature des microlites feldspathiques, on distingue en outre une série oligoclasique, une série andésitique et une série labradorique. Une seule roche fait exception à cette série mésocrate, c'est une andésite oligoclasique à augite (Oued Issemen).

Les *basaltes des vallées* montrent une série parallèle à la précédente. Ce

---

des données lithologiques de quelques régions sahariennes et soudanaises [*Livre jubilaire de la Soc. Géol. de Belgique*, Liége, 1925 (*sous presse*)].

H. Butler, *Contribution à la géologie de l'Ahaggar* (*C. R. Congr. géol. intern.*, XIIIe session, Belgique 1922, fasc. 2. Liége 1925, p. 819 à 848).

(1) *Minéralogie de Madagascar*, 3, 1923, p. 16.

sont des basaltes francs, des basaltes β ou des basanitoïdes et des limburgites holo- ou semi-cristallins.

Une partie de ces laves possède des phénocristaux bien développés d'augite et d'olivine (cette dernière est généralement altérée en bowlingite), une autre ne renferme ces minéraux qu'à l'état d'éléments de la pâte. Les basaltes francs sont andésitiques et labradoriques, les basaltes β et les basanitoïdes sont généralement labradoriques et possèdent une structure doléritique. Enfin les limburgites sont des laves semi-vitreuses à phénocristaux d'olivine et d'augite et microlites d'augite (Abalessa).

En résumé, chacune de ces séries à caractères bien délimités, forme un ensemble homogène au point de vue lithologique. La grande masse des éruptions est, dans les trois séries principales, caractérisée par des laves à silice déficitaire. La série de l'Ilamân est, de plus, essentiellement alcaline comme la plupart des régions volcaniques sahariennes [1].

GÉOLOGIE. — *Observations géologiques sur la vallée du Kaboul (Afghanistan).* Note de M. R. Furon.

Le Kaboul, affluent de l'Indus, prend sa source dans un contrefort du Koh-i-Baba (2750^{m} d'altitude) et coule en Afghanistan pendant 320^{km}.

Dans le col de Ounaî et la région immédiatement voisine, les roches dominantes sont des schistes anciens, des calcaires cristallins et des gneiss. En descendant la haute vallée du Kaboul, nous trouvons encore les mêmes roches. Le courant s'accélère dans des passes étroites jusqu'à l'entrée de la plaine de Tchar-Deh. Le Kaboul, ayant décrit quelques méandres dans cette plaine alluviale encadrée de montagnes, trouve une issue étroite entre deux montagnes de gneiss et de micaschistes : c'est le Teng-i-Babour. Cette passe amène la rivière dans la grande plaine de Kaboul (1765^{m}). Elle y reprend un cours plus lent, élargit son lit et déborde dans les marais voisins pendant la saison des pluies. Cette plaine fut remplie de dépôts tertiaires dont il ne reste plus que des buttes-témoins : Sher Pour, Siah Sang, etc.

Ayant coulé en plaine pendant plus de 20^{km}, le Kaboul se heurte à une barrière montagneuse qu'il franchit : ce sont les rapides de Teng-i-Gharou. A la base des hautes falaises qui enserrent le lit de la rivière, nous trouvons des granits et des gneiss. Au-dessus viennent des schistes et des calcaires noirâtres, puis des calcaires passant du gris au brun. Ces calcaires, altérés par des intrusions, ont été reconnus comme triasiques par Sir Hayden,

(1) M.-E. Denaeyer, *Les roches alcalines du Sahara central.*

qui put y recueillir *Meekoceras* sp. et *Ophiceras* sp. en très mauvais état.

A la sortie de ces gorges, le Kaboul traverse la plaine de Sarobi, parsemée de dépôts tertiaires, puis les collines du Dargaï et la plaine de Laghman. La rivière franchit ensuite les schistes et les calcaires cristallins du Siah Koh (gorges de Daronta) avant d'arroser la plaine de Djellabad (621^{m}). Une dernière passe, aux environs de Lalpoura (430^{m}), conduit le Kaboul en territoire indien.

Nous voyons donc le Kaboul parcourir une série de cuvettes de niveaux différents, nettement isolées les unes des autres par des ceintures montagneuses. Ce sont pour la plupart, sinon toutes, d'anciennes cuvettes lacustres, d'origine tectonique [1]. Voici ce que j'ai pu reconstituer de l'histoire géologique de ces bassins.

1. *Phase de sédimentation lacustre tertiaire.* — Au Néogène inférieur, les eaux légèrement saumâtres se sont peu à peu évaporées, déposant des limons et des marnes. Dans la plaine de Kaboul, nous trouvons la succession suivante :

d. Argiles très micacées et sables;

c. Argiles sableuses;

b, Marnes gris jaune.

a. Marnes jaunes et verdâtres, avec quelques petits cristaux de gypse.

Le fond de ces cuvettes lacustres était très accidenté. En de nombreux endroits, les roches métamorphiques anciennes sont visibles, perçant les sédiments lacustres.

2. *Mouvement de surrection.* — Un mouvement de surrection se produisit au début du Néogène supérieur, suivi d'une période d'érosion torrentielle intense.

3. *Phase de sédimentation fluviatile.* — Des masses énormes de matériaux furent accumulées dans les dépressions. Pendant cette phase de sédimentation fluvatile : sables, arkoses, cailloutis et conglomérats se déposèrent en légère discordance sur les dépôts lacustres.

4. *Nouveau mouvement de surrection.* — Cette période d'érosion et de dépôt fut suivie de nouveaux mouvements de surrection, accompagnés d'un gauchissement.

5. *Nouvelle phase de sédimentation fluviatile.* — Les conglomérats néogènes furent ravinés par les eaux courantes et recouverts en discordance sensible par de nouveaux conglomérats, du Néogène tout à fait supérieur et du Quaternaire.

---

(1) La formation de ces cuvettes remonte au Nummulitique.

Ces dépôts ne m'ont livré aucun fossile qui m'autorise à les dater plus précisément, mais leur nature et leur allure permettent de les rapprocher de ceux que j'ai pu voir dans les Monts Siwaliks, aux Indes, dépôts qui sont connus comme appartenant au Néogène supérieur et au Quaternaire.

6. *Période glaciaire.* — Une glaciation succéda. Nous en retrouvons la trace dans de nombreuses gorges en U, à parois verticales et striées.

Les glaciers affouillèrent les roches dures, descendant jusqu'à 1000^m, altitude à laquelle on retrouve des blocs erratiques, aux environs de Gandamak et de Nimla.

7. *Formation du réseau hydrographique actuel.* — Après le retrait des glaciers qu'on ne retrouve plus aujourd'hui qu'au-dessus de 4000^m, l'érosion fluviale reprit. Les rivières occupèrent les vallées glaciaires, affouillèrent et déblayèrent largement les sédiments accumulés dans les cuvettes tertiaires, ne laissant subsister que des buttes-témoins isolées dans les alluvions récentes.

Les seuils rocheux résistèrent mieux à l'érosion et c'est ainsi que la rivière de Kaboul, qui n'a pas encore atteint son profil d'équilibre, parcourt en décrivant des méandres, une succession de plaines alluviales étagées et passe de l'une à l'autre par des rapides.

SISMOLOGIE. — *Sur la propagation des ondes seismiques dans le calcaire.* Note de MM. **Ch. Maurain** et **L. Eblé**, présentée par M. Bigourdan.

Nous avons utilisé des explosions portant sur plusieurs centaines de kilogrammes de dynamite, effectuées pour les besoins de l'exploitation des carrières de calcaire crayeux de Gargenville (Seine-et-Oise), pour mesurer la vitesse de propagation des ondes seismiques dans ce banc de calcaire, et nous avons comparé la valeur obtenue à celle déduite de l'expression théorique de la vitesse et des valeurs du module de traction E et de la densité ρ déterminées sur des échantillons de ce calcaire.

Les seismographes employés sont ceux que nous avons établis à l'occasion de l'étude des ondes seismiques des explosions de La Courtine [1]. Ils étaient installés à 1500^m de l'emplacement des explosions.

Les mesures ont porté sur deux explosions : l'une de 368^{kg}, l'autre de 283^{kg}. Nous avons trouvé dans les deux expériences, au degré d'approximation

(1) Ch. Maurain et L. Eblé, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 337. — Ch. Maurain, L. Eblé et H. Labrouste, *Journal de Physique*, 6e série, 6, 1925, p. 65.

des mesures dont le détail sera donné ailleurs, la même valeur pour la vitesse de propagation des premières ondes, 2140 m : s, à quelques dizaines de mètres près.

Le calcul fondé sur la formule à laquelle on est conduit par la théorie $V = 1,095\sqrt{\frac{E}{\rho}}$ donne pratiquement la même valeur. Des déterminations de E ont été faites par les soins du Laboratoire d'essais de l'École des Ponts et Chaussées sur deux échantillons (procès-verbal E, n° 5542); les valeurs correspondant aux plus faibles charges, rapportées au kilogramme et au mètre carré, ont été 0,80 et $0,82.10^9$, soit comme moyenne en unités C. G. S. $7,95.10^{10}$. La densité a été mesurée sur 3 échantillons qui ont donné 2,012 — 2,050 — 2,056, moyenne 2,04. Ces valeurs, portées dans la formule précédente, donnent V = 2,160 m : s.

Les mouvements du sol à la station d'observation ont été assez forts dès leur début; leur demi-amplitude maximum a été à peu près, lors de l'explosion la plus forte, $0^{mm},090$ dans la direction horizontale longitudinale, $0^{mm},070$ dans la direction transversale et $0^{mm},080$ dans la direction verticale. La valeur relativement grande du mouvement vertical est à signaler : d'ordinaire les mouvements du sol, dus à l'arrivée d'ondes seismiques, ont une composante verticale proportionnellement moins forte.

La faiblesse de la valeur obtenue pour la vitesse nous avait d'abord surpris; l'accord avec la valeur calculée montre que cette faible vitesse est bien cohérente avec les propriétés mécaniques du milieu. Il était nécessaire de faire porter la comparaison sur des valeurs de E et ρ déterminées sur des échantillons du calcaire où se sont propagées les ondes, les propriétés des divers calcaires étant fort différentes. Lors des expériences de La Courtine, faites en terrain granitique, nous avons obtenu (avec la collaboration de H. Labrouste), des valeurs de la vitesse des premières ondes dont la moyenne est 5524 m : s. Les résultats de ces mesures et des mesures actuelles montrent la complexité que peut présenter la propagation des ondes séismiques dans les couches superficielles. Si l'on supposait en un point une couche du calcaire de Gargenville recouvrant un terrain granitique comme celui de La Courtine (pour lequel la vitesse des ondes séismiques est voisine de la vitesse moyenne dans la croûte terrestre), des ondes arrivant de couches profondes subiraient à la surface de séparation de ces deux milieux très différents des réflexions et réfractions très marquées, et les mouvements seismiques se présenteraient à la surface du sol assez déformés.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Les radiations ultraviolettes du Soleil aux grandes altitudes.* Note de M. **Jean Lecarme**, présentée par M. Charles Richet.

Ayant constaté, au cours de mes divers séjours au sommet du Mont Blanc, que certaines réactions physiologiques dues à l'action des rayons solaires ne présentaient pas les mêmes caractéristiques que celles qui sont produites par des arcs métalliques incandescents, j'ai pensé qu'il serait utile d'entreprendre des mesures de l'énergie ultraviolette des rayons solaires à diverses altitudes pour divers états atmosphériques et aux différentes saisons.

On sait que le spectre ultraviolet du Soleil est incomplet par suite de l'absorption atmosphérique due à l'ozone, ainsi que l'ont montré Ch. Fabry et Buisson. La limite inférieure de ce spectre est de 2940 Å à Paris, 2911 Å au Gornergratt (3316^{m}) ainsi qu'au sommet du Mont Blanc (4807^{m}).

D'autre part, il a été reconnu que le rayonnement ultraviolet d'une source présente une région particulièrement active qui provoque des érythèmes suivis de pigmentation. Cette zone est comprise entre 2500 et 3130 Å.

La portion correspondante du spectre ultraviolet solaire ne représente ainsi que 34 pour 100 de la région totale biologiquement active.

Des mesures d'actinométrie chimique avaient déjà été tentées au Mont Blanc (¹), mais les procédés utilisés ne permettaient pas d'éliminer complètement les radiations lumineuses ou calorifiques qui accompagnent le rayonnement.

J'ai employé une méthode proposée récemment par Wm. T. Anderson et Fred W. Robinson (²), qui est basée sur le principe indiqué autrefois par M. Duclaux, à savoir la décomposition d'une solution d'acide oxalique sous l'influence des rayons chimiques. Mais ces auteurs l'ont perfectionnée, notamment en la rendant beaucoup plus sensible par l'addition d'une quantité déterminée de sulfate d'uranyle, jouant le rôle de catalyseur.

(¹) J. Vallot et Mme G. Vallot, *Expériences d'actinométrie chimique* (*Annales de l'Observatoire du Mont Blanc*, 77, 1898, p. 2) et Dr Andresen, *Action chimique de la lumière du Soleil* (*Ibid.*, 4, 1900, p. 1).

(²) *Le radiomètre pour l'ultraviolet* (*The Journal of the American Chemical Society*, 47, n° 3, 1925, p. 713-725).

Le liquide qui a été adopté comme donnant les meilleurs résultats est constitué par une solution décinormale d'acide oxalique pur, additionné de $4^g,27$ de sulfate d'uranyle (UO^2SO^4, $3H^2O$) par litre. Dans ces conditions, la décomposition de l'acide oxalique est pratiquement indépendante de la température, et proportionnelle à l'énergie U.V. Il a été établi que 1^{mg} d'acide oxalique décomposé en 30 minutes correspond aux nombres suivants d'ergs absorbés par seconde pour les régions du spectre correspondant à

2550 Å.....	$4,18 \times 10^5$ ergs/sec.	3650 Å.....	$5,27 \times 10^5$ ergs/sec.
3020 Å.....	5,04 »	U.V. total..	4,84 »

L'acide oxalique non décomposé est dosé au moyen d'une solution décinormale MnO^4K^2.

J'ai pu effectuer ainsi une première série d'expériences cet été dans la région de Chamonix avec le concours de M. Louis Vachette.

Les résultats moyens obtenus ont été les suivants :

Lieu.	Altitude.	Acide oxalique détruit en mg par cm²-minute. Plein soleil de 9^h à 14^h.	Ciel voilé de 9^h à 14^h.
Chamonix..................	1050 m	$0,101 \pm 0,013$	»
Montroc....................	1365	$0,115 \pm 0,027$	$0,041 \pm 0,008$
La Paraz....................	1460	1,205 »	»
Glacier supérieur du Bossom.	2400	1,917 »	»
Observatoire du Mont Blanc..	4350	0,18 ?	»

On a constaté au cours de ces expériences que le rayonnement solaire produit un dégagement gazeux notable de CO^2, dû à la décomposition rapide de l'acide oxalique, alors que ce dégagement est à peine sensible avec la lumière de l'arc à mercure. Des essais effectués avec une lampe consommant 900 watts, et à une distance de 15^{cm} seulement, n'ont en effet donné que $0^{mg},09$ d'acide oxalique détruit par cm²-minute.

Il résulte de là que l'énergie U.V. solaire paraît très supérieure à celle des arcs de mercure en usage, alors que ses effets biologiques sont moins intenses.

Il faudrait admettre, pour expliquer ces différences, que les rayons des arcs métalliques sont toxiques, soit à cause de la répartition discontinue de l'énergie de leurs spectres d'émission, soit parce qu'ils seraient accompagnés d'un rayonnement d'une autre nature.

BOTANIQUE. — *Existe-t-il une après-maturation chez les céréales récemment récoltées ?* Note de M. O. **Munerati**, présentée par M. Molliard.

M. G. Harrington annonçait en 1919 que les semences du blé nouvellement moissonné peuvent germer en trois ou quatre jours si elles sont placées sur un lit de germination à une température de 12 à 14° C.

Le fait a été substantiellement confirmé par nos vérifications et, en poursuivant nos recherches, nous avons pu démontrer ultérieurement que la germination du blé en gerbes, lorsque la moisson est interrompue par la pluie, est due aux basses températures qu'on a parfois pendant l'été, étant donné que les pluies de juin-juillet sont le plus souvent orageuses et accompagnées de grêle. (Une pluie chaude fait gonfler les semences, mais elle ne les fait pas germer, ainsi qu'il est facile de le démontrer expérimentalement.)

De nos observations de 1920 il résultait cependant la connaissance du fait que tous les types de blé ne réagissent pas de la même manière. Certaines variétés, telles que les Poulards, germent aussitôt que la récolte a été faite, même à des températures assez élevées (20-22° C.), tandis que d'autres variétés (Blé de Bordeaux, *Square-head*, Massy, *Carlotta Strampelli*) ne germent qu'avec un pourcentage limité, même si elles sont placées à une température de 12 à 14° C.

Pour approfondir la question, nous voulûmes nous assurer comment se comportaient les semences soumises à une température encore plus basse et nous remarquâmes qu'à la température de 6 à 7° C. *toutes* les variétés germaient à plein en 8 à 10 jours.

Nous reportons ci-dessous quelques chiffres d'ensemble, auxquels on peut attribuer une valeur presque absolue car les mêmes résultats ont été obtenus en plusieurs essais répétés. Nous nous bornerons au blé, en notant que les semences d'avoine, d'orge et de seigle récoltées dans la première et la deuxième quinzaine de juin se sont comportées de la même façon que le blé.

Variété.	Échantillon.	Nombre de germinations pour 100 aux températures de : 30°-32°.	20°-22°.	12°-14°.	6°-7°.
1. Blé de Bordeaux....	I	1	11	55	94
2. Blé de Bordeaux....	II	»	1	51	96
3. *Square-head*.......	I	»	11	93	100
4. *Square-head*.......	II	1	9	79	99
5. Massy.............		»	4	23	99
6. Riety.............		6	8	91	97
7. *Carlotta Strampelli.*		»	3	48	99
8. Pétanielle blanche...	I	6	39	95	98
9. Pétanielle »	II	13	61	89	99
10. Inversable Vilmorin.	I	2	16	47	98
11. Inversable »	II	»	8	75	99
12. *Ardito* (*Strampelli*).		3	57	100	100
13. *Gentile Rosso*.......		2	36	95	100
14. *Cologna Veneta*....		4	11	97	100
15. Manitoba..........		»	30	97	98

Dans une expérience antérieure j'ai obtenu des résultats de même ordre avec de grosses semences de folle avoine, provenant elles aussi de la dernière récolte, seconde décade de juin.

Conclusions. — 1° Il est confirmé que l'après-maturation chez le blé nouvellement récolté n'existe pas. C'est une question d'inhibition des hautes températures habituelles au moment de la récolte; il suffit de mettre les semences en substratum à une basse température (6 à 7° C., ou même seulement 12 à 14° C.) pour voir promptement les semences germer à 100 pour 100.

2° Quant à cette faculté de germer à basse température, les variétés de blé se différencient nettement les unes des autres; parmi les types étudiés les Poulards germent à plein à une température de 12 à 14°; de même qu'ils peuvent aussi germer avec un pourcentage relativement haut, à 20-22° C. Vice versa, d'autres variétés telles que le blé de Bordeaux, le *Square-head*, le Massy, le *Carlotta Strampeli* ne germent seulement qu'à la température de 6 à 7° C. Des observations faites en plein champ durant l'été 1925 dans la Basse Vallée du Pô, où il plut plusieurs fois dans la période entre la moisson et le battage, il résulta que la variété *Carlotta Strampelli* supporta des dommages presque insignifiants, contrairement à ce qui arriva aux blés Poulards qui furent les plus endommagés.

3° Il semble qu'on peut supposer que la façon de se comporter, des variétés répond à un caractère héréditaire. Ainsi le blé *Carlotta Strampelli*

obtenu par le croisement du Rieti-Massy se comporte comme le Massy qui, à son tour, tire son caractère de ses parents (Blé de Bordeaux et *Square-head*);

4° Les semences fraîches d'autres céréales cultivées (orge, seigle, avoine) suivent le blé dans sa faculté de germer à une basse température; même la folle avoine (gros grains) a montré en juillet une tendance très nette à germer en peu de jours à la température de 7° C. environ.

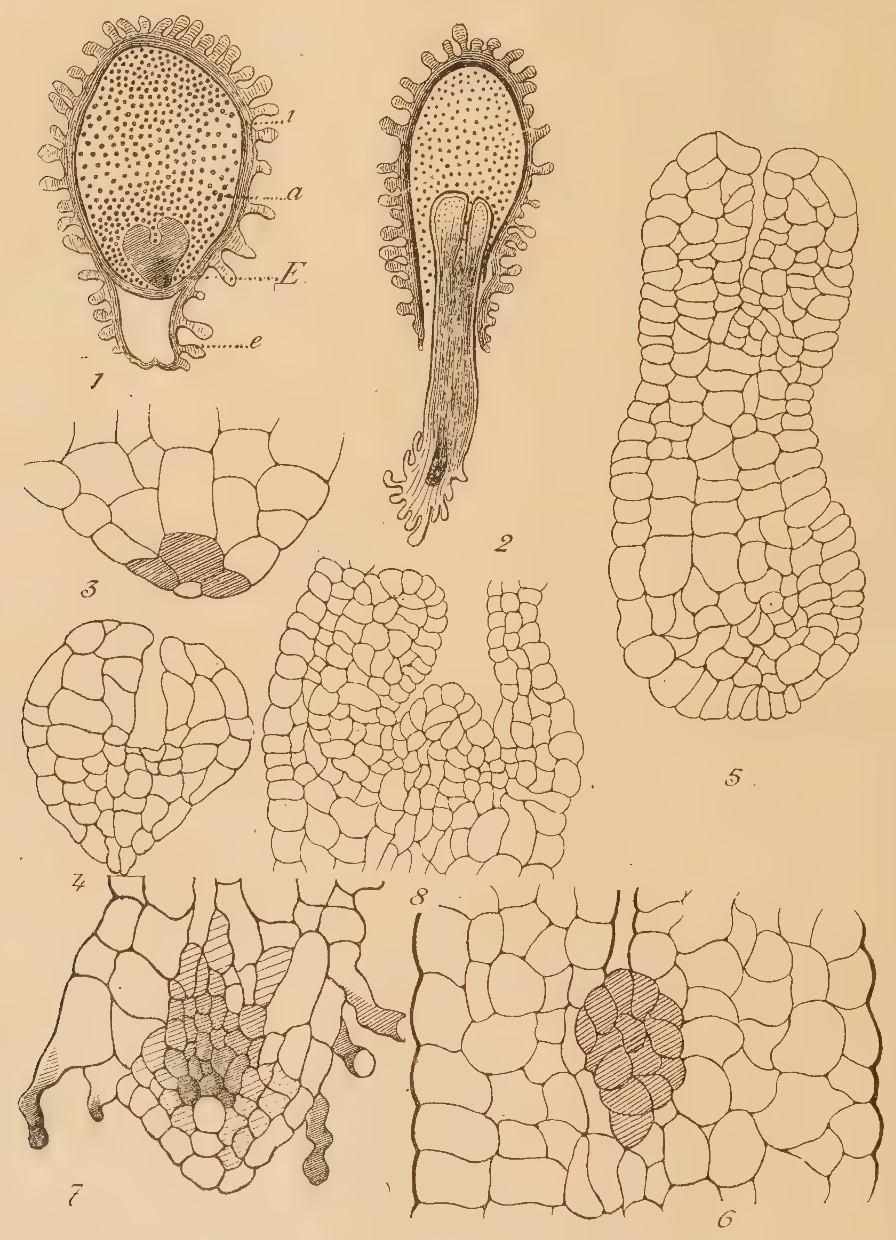
ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Observations sur le développement postembryonnaire du* Drosera rotundifolia *L.* Note [1] de M. **Ch. Killian**, transmise par M. Ch. Flahault.

L'étude anatomique du développement postembryonnaire du *Drosera rotundifolia* m'a fourni les résultats suivants : la graine est entourée d'un tégument externe, brun et verruqueux, formant une saillie tubulaire (*fig.* 1, gr. 41), et d'un tégument interne (*i*), continu et renfermant un albumen (*a*) qui, avant la germination, englobe l'embryon (E). Celui-ci présente une partie apicale, avec deux cotylédons, et une partie basale, radiculaire. Par son allongement l'embryon rompt le tégument interne et s'engage dans le tube constitué par le tégument externe (*fig.* 2, gr. 41). Les cotylédons formés de cellules cubiques à contenu dense et à membranes particulièrement minces au voisinage de l'endosperme, restent inclus à l'intérieur de la graine. Au pôle radiculaire (*fig.* 3) on distingue, au grossissement de 353, une région méristématique, caractérisée par la disposition très régulière et la densité du protoplasme de ses cellules. Un autre méristème s'ébauche au pôle opposé, entre les deux cotylédons (*fig.* 4, gr. 165). Ces deux méristèmes se retrouvent chez la plantule plus âgée (*fig.* 4, gr. 165). Dans la région basale on reconnaît une grande initiale sous-épidermique qui détermine principalement la croissance en largeur de la radicule, dans la région apicale il y a un second centre de croissance qui préside à l'allongement des cotylédons et de l'axe hypocotylé; il se constitue là un point végétatif, tel que le représente la figure 6 (gr. 225). L'activité de ces deux méristèmes se manifeste toujours de la même façon : on reconnaît, à un stade plus avancé, dans la partie radiculaire (*fig.* 7, gr. 165) la même initiale qui a engendré le *plérome*, tissu axial à petites cellules cubiques, et le *périblème*, périphérique, à grandes cellules. Ces tissus sont protégés par

---

[1] Séance du 30 novembre 1925.

une coiffe rudimentaire, entièrement couverte de poils absorbants brunis (*fig.* 2 et 7).



Cette structure, spécifique pour une racine, s'efface au-dessus de la région des poils : les tissus radiculaires sont subitement remplacés par un parenchyme homogène, constituant l'axe hypocotylé.

Le développement de la région apicale, représenté par la figure 8 (gr. 165), n'a rien de particulier. On y reconnaît, à gauche du cône végétatif, une ébauche foliaire.

D'après ce qui précède, le développement postembryonnaire du *Drosera rotundifolia* présente les caractères suivants, normaux :

L'embryon forme ses trois organes, cotylédons, axes hypocotylé et radiculaire, nettement distincts les uns des autres. Leur accroissement est déterminé par deux méristèmes; l'un situé au-dessous de la région cotylédonaire, l'autre situé dans la région apicale: celui-ci avait échappé, jusqu'ici, à l'attention des chercheurs. Son développement se distingue du type classique (1) par le fait que l'accroissement de l'axe hypocotylé dépasse rapidement celui de la radicule dont la réduction se manifeste : 1° par sa différenciation tardive; 2° par la simplification de sa structure; 3° par la transformation de sa coiffe en organe absorbant. Comme cette racine a conservé, à l'état d'ébauche, ses caractères anatomiques, le terme de protocorme, préconisé par Diels (2), pour désigner l'axe hypocotylé, doit être rejeté.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'*Exoascus deformans (*Berk*) *Fuck*, Note (3) de Mlle **Panca Eftimiou**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

L'*Exoascus deformans* est un champignon parasite qui produit une maladie connue sous le nom de cloque du Pêcher : ce champignon a été étudié autrefois en ce qui concerne la formation des asques et les phénomènes de karyogamie qui l'accompagnent (4); mais il restait à établir plus complètement la structure du thalle, la façon dont il se comporte à l'intérieur de la feuille et les modifications d'ordre pathologique auxquelles il donne naissance.

Le thalle du parasite n'est pas localisé comme on pourrait le croire à la surface supérieure de la feuille; ses filaments se rencontrent dans tout ou

(1) Contrairement à l'opinion de C.-A. Peters (*Proc. of the Am. Ass. for the advanc. of Science*, 46th meeting, 1897, p. 275) qui prétend que son développement correspond au type classique « sauf en quelques points de moindre importance ».

(2) L. Diels, *Droseraceen* dans Engler, *das Pflanzenreich*, 112, 1906, p. 4. Voir aussi les travaux de Heinricher dans *Zeitschr. des Ferdinandeums*, 3, p. 1 et 300. Innsbruck, 1902.

(3) Séance du 7 décembre 1925.

(4) P.-A. Dangeard, *La reproduction sexuelle des Ascomycètes* (*Le Botaniste*, 4e série, 1894, p. 30-35).

partie de son épaisseur et ils atteignent parfois la surface de l'épiderme inférieur : les filaments de surface sont situés dans la paroi des cellules épidermiques, au-dessous de la cuticule; les filaments internes circulent dans les méats intercellulaires.

Ce thalle est formé d'articles plurinucléés dont certains possèdent jusqu'à 12 ou 14 noyaux; plus tard, ceux de ces articles qui se développent à la surface de la feuille, subissent quelques cloisonnements qui ramènent à deux le nombre des noyaux par article; c'est à l'intérieur de ces articles binucléés que s'opère le phénomène de karyogamie qui est à l'origine de l'asque; ces noyaux ont la structure ordinaire avec nucléole central et nucléoplasme plus ou moins granuleux.

Mais outre ces noyaux, le thalle renferme par article un grand nombre de très petites sphères très régulières et très chromatiques : *ce sont les cytosomes qui n'avaient pas encore été signalés dans ce groupe*.

Les modifications produites dans la feuille par le parasite se manifestent par une prolifération active des tissus de cette feuille, augmentant notablement l'épaisseur de cette feuille avec un nombre d'assises dépassant parfois 15 ou 16 et davantage; selon le mode de dispersion du parasite, le cloisonnement affecte tout le tissu compris entre les deux épidermes, soit seulement la face supérieure dans sa région palissadique.

J'ai recherché comment se comportent les noyaux des cellules au cours de ce cloisonnement; leur volume a plus que doublé; leur contour est devenu plus ou moins irrégulier et, au lieu d'un seul nucléole, ils en possèdent deux ou trois et parfois une demi-douzaine : ces noyaux, sous l'influence du parasite, accumulent donc beaucoup de chromatine nucléolaire. *Toutes les divisions sont des divisions directes*, sans jamais aucune trace de mitose; la bipartition se fait soit par une simple échancrure, soit par étirement. Beaucoup de cellules renferment deux noyaux; la plupart des cloisons s'établissent parallèlement à la surface.

Dans les cellules normales de la feuille, le *plastidome* est représenté par de nombreux chloroplastes qui tapissent les parois des cellules en palissade et des cellules du mésophylle; ils sont très chromatiques et se colorent en noir par l'hématoxyline ferrique. Le *cytome* est constitué par une quantité considérable de petites boules également très chromatiques, dispersées dans le cytoplasme et qui représentent les *cytosomes*; quelques-uns de ceux-ci, très rares d'ailleurs, sont allongés en courts bâtonnets [1].

---

[1] La terminologie adoptée se trouve exposée dans P.-A. DANGEARD, *La structure des Vauchéries dans ses rapports avec la terminologie nouvelle des éléments cellulaires* (*La Cellule*, 35, 1924, p. 239 et suiv.).

Sous l'action du parasite, les chloroplastes se *transforment complètement en amidon* : on voit apparaître à leur intérieur un nombre variable de sphérules amylacées incolores qui se développent en grains d'amidon : ceux d'un même chloroplaste donnent ainsi un grain composé où toute trace de substratum chromatique a disparu. Le *cytome*, de son côté, est entré progressivement en dégénérescence : beaucoup de sphérules se sont déformées; un nombre assez grand ont pris la forme de petits bacilles; finalement, les cellules ne montrent plus qu'un noyau, des grains d'amidon, et des trabécules cytoplasmiques avec quelques granulations irrégulières sans signification.

La feuille, aux endroits non parasités, possède dans les cellules épidermiques, un *chromidium* tannifère assez dense qui se précipite, sous l'action du fixateur Regaud, en quelgues *endochromidies* de différentes grosseurs; ces *endochromidies* se colorent en brun foncé par l'hématoxyline ferrique.

Au niveau des cloques, en particulier à la face supérieure, le chromidium tannifère du vacuome n'est pas précipité; il remplit toute la vacuole d'une solution colloïdale brune et dense; au-dessous de l'épiderme, on observe deux ou trois assises de cellules renfermant de nombreuses *endochromidies*.

L'action du parasite ne semble pas entraver la formation du tannin : il la favorise plutôt.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'hérédité chez l'*Helianthus tuberosus Dangeardi. Note (¹) de M. **Lucien Daniel**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

L'*Helianthus tuberosus Dangeardi* L. D., dont j'ai indiqué l'origine dans deux précédentes Notes (²), est l'un des exemples les plus démonstratifs de l'hérédité des caractères acquis à la suite du greffage. J'ai étudié cette année cette variété multipliée : 1° par ses tubercules aériens; 2° par ses tubercules souterrains; 3° par greffage et surgreffage.

Les tubercules aériens ont été divisés en deux lots : le premier fut planté le 15 novembre 1924; le second, le 24 mars 1925, en même temps que les tubercules souterrains. Les tubercules plantés en novembre sont entrés en

(¹) Séance du 7 décembre 1925.

(²) Lucien Daniel, *Hérédité d'un caractère acquis par greffe chez le Tapinambour* (*Comptes rendus*, 177, 1923, p. 1449); L'*Hérédité chez les plantes greffées* (*Comptes rendus*, 179, 1924, p. 1198).

végétation à l'époque normale. Malgré les dégâts causés par les vents violents de cette année qui brisèrent facilement nombre de rameaux latéraux au détriment de la fonction de réserve, tous les exemplaires m'ont, fin octobre, donné à la fois des tubercules aériens et des tubercules souterrains. L'hérédité de ce caractère acquis est donc complète, quatre années après son apparition sur l'épibiote Topinambour placé sur Soleil en 1921.

Les pieds provenant des plantations faites à la fin de mars ont poussé très tardivement et peu vigoureusement d'abord, car des pluies abondantes tassèrent la terre au début d'avril. Quand les tiges eurent 40 à 50^{cm} de hauteur, je les buttai comme des Pommes de terre. Les tiges buttées émirent des racines adventives à la base de la terre remuée et les parties anciennes moururent. Mal fixées au sol, les parties aériennes furent déracinées ou couchées par le vent, ce qui nuisit à leur végétation ou les fit périr en totalité ou en partie. Les Topinambours restants étaient, les uns, souffreteux; les autres, vigoureux. Les premiers n'ont pas fourni de tuberculisation aérienne, mais quelques petits tubercules souterrains; les seconds ont donné à la fois des tubercules des deux sortes, quoique en plus petit nombre que chez les exemplaires provenant de la plantation de novembre.

Quant aux greffes et aux hyperbioses dans lesquelles figurait comme épibiote ou hyperbiote l'*Helianthus tuberosus Dangeardi* provenant des pieds mis en terre en novembre, elles ont donné des résultats très variés. Comme à l'ordinaire, tous les hypobiotes Soleil portant le Topinambour sont devenus durs et volumineux. En octobre, ils étaient encore très verts et furent attaqués par les limaces et les guêpes qui pompèrent les sucres s'écoulant par les plaies. Les épibiotes ont donné, les uns une floraison abondante avec peu ou pas de tubercules aériens; les autres, pas ou peu de fleurs, mais des tubercules aériens allongés, abondants au sommet et sur les côtés des rameaux. Deux épibiotes ont en outre fourni des tubercules aériens situés à la base des rameaux. Chez tous les exemplaires, dont la durée de la vie de l'appareil aérien a été prolongée de plus d'un mois, la couleur et la disposition des feuilles a été très variable. Les unes étaient restées entièrement vertes; d'autres étaient vivement colorées, surtout à la face supérieure devenue rouge brun violacé; la face inférieure et quelquefois la face supérieure étaient vivement colorées seulement sur les nervures qui se détachaient sur le parenchyme vert plus ou moins jaunâtre ou légèrement violacé çà et là. Le pigment était localisé dans l'épiderme. Rien n'était variable comme le coloris suivant les pieds et suivant les feuilles chez un même pied.

Chez les hyperbioses, l'hypobiote était constitué par le type primitif à tubercules rugueux et arrondis; il a subi des transformations intéressantes chez quelques exemplaires. Dans l'association établie entre ce Topinambour pris pour hypobiote, l'*Helianthus annuus* comme mésobiote et l'*Helianthus tuberosus Dangeardi* pour hyperbiote, l'hypobiote a donné des tubercules groupés, petits et de forme semblable à ceux de l'hyperbiote. Dans une autre hyperbiose, l'*Helianthus multiflorus* remplaçait l'*H. Dangeardi* comme hyperbiote; l'hypobiote Topinambour a donné des tubercules arrondis portés par de longs rhizomes comme chez l'*H. multiflorus*.

Ces faits, que M. P.-A. Dangeard a pu vérifier dans une visite récente, ont une portée théorique et pratique considérable et viennent à l'appui de mes observations antérieures sur la variation causée par la greffe.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Contribution à l'étude des huiles du groupe chaulmoogrique.* Note de M. **Em. André**, présentée par M. Ch. Moureu.

Depuis fort longtemps, l'observation empirique a conduit plusieurs peuples à utiliser pour le traitement de la lèpre diverses huiles extraites des graines de certains arbres qui croissent dans les régions tropicales de l'Asie, de l'Océanie, de l'Amérique du Sud et de l'Afrique. Ce n'est pas sans surprise que les botanistes ont reconnu que toutes les plantes qui les produisent appartiennent à une seule famille : celle des Flacourtiacées.

L'huile de chaulmoogra de l'Inde, dont l'origine est attribuée aujourd'hui d'une manière certaine au *Taraktogenos Kurzii*, est la plus anciennement connue des huiles antilépreuses. En Indo-Chine, en Chine, au Japon et dans les archipels de l'Océanie, on utilise les huiles retirées des graisses d'un certain nombre d'*Hydnocarpus;* les nègres de l'Afrique occidentale emploient la graisse retirée des graines de l'*Oncoba echinata*, et les peuplades de l'Amazone, l'huile des graines du *Carpotroche brasiliensis*.

En étudiant l'huile de chaulmoogra et l'huile de Krabao (fournie par les graines de l'*Hydnocarpus anthelmintica*), le chimiste anglais Power et ses collaborateurs ont découvert, de 1904 à 1907, deux acides gras nouveaux : l'acide chaulmoogrique et l'acide hydnocarpique. Ces acides, qui ont le pouvoir rotatoire droit, ont été reconnus comme des dérivés du cyclopentène; c'est à eux que l'on a attribué les propriétés thérapeutiques des huiles qui les contiennent.

Le développement de la lèpre parmi les populations indigènes de nos colonies, son apparition en France, sur laquelle des voix autorisées viennent d'appeler l'attention, nous ont amené à penser que l'étude des huiles antilépreuses méritait d'être reprise et élargie. Nous avons pu extraire au laboratoire sept sortes d'huiles de Flacourtiacées qui passent toutes, dans leur pays d'origine, pour avoir des propriétés curatives contre la lèpre, et dont plusieurs d'entre elles n'avaient encore jamais été examinées. Leurs principaux caractères physiques et chimiques sont consignés dans le tableau suivant :

Huiles ou graisses.	Densité.	Indice de réfraction n_D.	Pouvoir rotatoire α_D.	Point de fusion.	Indice de saponification.	Indice d'iode (Hanus).
Taraktogenos Kurzii (huile de chaulmoogra)	0,9425 à 32°	»	+48°00′	33°,0-39°,0	210,4	96,1
(1) *Hydnocarpus anthelmintica* (huile de Krabao)	0,9447 à 29°	1,4755 à 29°	+58°10′	26,0-29,0	191,0	90,0
(2) *Id*	0,9427 à 32°	1,4742 à 29°	+48°00′	25,0-26,0	187,3	88,3
Hydnocarpus wightiana (huile de Kavatel)	0,9330 à 32°	1,4780 à 29°	+61°40′	28,0-32,0	197,2	103,0
Hydnocarpus alpina	0,9346 à 32°	1,4764 à 29°	+57°00′	20,5	201,0	95,0
Asteriastigma macrocarpa	0,9217 à 32°	1,4725 à 25°	+44°00′	37,0-39,0	189,4	82,8
Oncoba echinata (graisse de Gorli)	0,9286 à 32°	1,4740 à 31°	+56°10′	40,5-41,5	184,5	98,0
Carpotroche brasiliensis	0,9499 à 32°	1,4755 à 31°	+53°40′	21,0-23,0	183,7	106,1

Ces diverses huiles ont été extraites par l'éther, à l'exception de l'huile de Krabao n° 2, qui a été extraite par pression. Les pouvoirs rotatoires ont été déterminés en solution chloroformique à la dilution de $\frac{1}{20}$.

L'examen des données numériques qui précèdent montre que ces diverses huiles possèdent un certain nombre de caractères communs, dont le plus important est de dévier fortement à droite le plan de lumière polarisée.

Les exemples sont rares, dans la classification végétale, de familles fournissant un certain nombre d'huiles que l'on peut réunir en un groupe chimique homogène. L'huile de ricin est, en dehors des huiles chaulmoogriques, la seule huile végétale dont les glycérides possèdent le pouvoir rotatoire (+ 4° à + 5°); elle est d'ailleurs une exception parmi les huiles d'Euphorbiacées. Les Crucifères fournissent un certain nombre d'huiles riches en acide érucique, caractérisé par son poids moléculaire élevé, et

l'on retire de l'albumen de plusieurs palmiers des beurres végétaux riches en glycérides d'acides gras de faible poids moléculaire (1).

Les premiers résultats de nos recherches nous permettent de penser que le pouvoir rotatoire des huiles chaulmoogriques n'est pas dû uniquement aux acides chaulmoogrique et hydnocarpique. Les dissolvants organiques nous ont permis de séparer toutes les huiles que nous avons examinées en une partie liquide et une partie solide, où s'accumulent les glycérides de ces deux acides. Néanmoins, la partie liquide possède le plus souvent un pouvoir rotatoire à peu près aussi élevé que la partie solide. On doit en conclure qu'il existe des acides gras liquides fortement dextrogyres, et peut-être se rattachent-ils, eux aussi, au cyclopentène.

Signalons en terminant que nous avons examiné un certain nombre d'huiles de chaulmoogra du commerce. Les caractères de plus de la moitié d'entre elles correspondent mieux à ceux des huiles d'*Hydnocarpus anthelmintica* et d'*Hydnocarpus wightiana* qu'à ceux de l'huile de *Taraktogenos Kurzii*. Il est probable que l'on vend sous l'étiquette commerciale d'huile de chaulmoogra des huiles d'origines botaniques différentes.

ETHNOGRAPHIE. — *Radiographies pour le diagnostic de la nature du travail humain exécuté sur les dents en ethnographie.* Note de M. **Marcel Baudouin**, présentée par M. Charles Richet.

J'ai eu récemment l'occasion d'étudier un collier du Soudan, formé de dents humaines (2). Sur ce collier, quatre dents au moins portaient des traces de *travail humain*, c'est-à-dire correspondaient à des faits de *mutilations dentaires*, bien connus en ethnographie africaine. Trois de ces dents étaient taillées en *pointe;* la quatrième en *crochet*.

Mais il s'agissait de déterminer si ce travail avait été exécuté sur la *dent vivante*, c'est-à-dire encore en place dans la bouche du sujet porteur, ou

(1) Dans le règne animal, les huiles retirées du lard et de la tête des Delphinidés sont les seules qui contiennent de l'acide phocénique.

(2) Baudouin et E. Bouland, *Un collier du Soudan à dents humaines (Semaine dentaire*, Paris, 1925, 7, n° 50, 13 décembre, 1204-1217, 5 figures).

bien correspondait à une action sur une dent tombée, ou sur une dent de cadavre ou squelette !

Les radiographies, grandies six fois de ces dents, comparées à celles de dents normales, permettent d'affirmer que la mutilation a été exécutée *in vivo*, fait très important au point de vue Ethnographie.

En effet, sur les dents n°s 5, 8, 9 et 12, il n'y a pour ainsi dire pas de parties claires surtout au n° 9 — dans la région de la couronne ! — Cela prouve que la *chambre pulpaire* a presque disparu, par invasion d'un tissu nouveau (ivoire) à ce niveau. Cela est certainement dû au *traumatisme*, produit sur le vivant, et, d'ordinaire, chez l'adolescent. Par contre, on voit que les *canalicules dentaires* de ces 4 dents ne sont pas modifiés ; l'irritation n'est pas descendue, jusqu'à leur niveau, certainement.

C'est là une preuve de la mutilation dentaire *in vivo*. Il n'en aurait pas été ainsi si le travail humain avait été effectué sur une dent *morte*, extraite ou tombée. La chambre pulpaire n'aurait pas changé d'aspect. Rien ne se serait modifié.

On a donc désormais, par la Radiographie, un moyen de savoir si les dents ont été travaillées, qu'il s'agisse de préhistoire ou d'Ethnographie, pendant la vie ou après leur chute des maxillaires.

PHYSIOLOGIE. — *Influence des variations de la température extérieure sur la grandeur de l'action dynamique spécifique chez les Poïkilothermes.* Note de M. **R. Bonnet**, présentée par M. Henneguy.

Rubner a montré que, si l'on essaie de couvrir à l'aide de matières protéiques les dépenses énergétiques d'un homéotherme, et cela pour des températures extérieures s'éloignant du point de neutralité thermique, l'action dynamique spécifique diminue, puis disparaît. Il semble donc que cette action consiste en une production d'extra-chaleur perdue pour l'homéotherme placé au point de neutralité thermique mais utilisée pour couvrir les besoins de thermogenèse.

S'il en est bien ainsi, l'extra-chaleur ne sera jamais utilisable chez les poïkilothermes, lesquels n'ont aucun besoin de calorification. Et dans ces conditions la perte d'énergie correspondant à l'action dynamique spécifique devra toujours, chez eux, présenter la même intensité quelle que soit la température extérieure. C'est ce que nous avons essayé de vérifier,

Weiss ayant antérieurement mis en évidence l'existence de l'action dynamique spécifique des protéiques chez la Grenouille.

Nous avons expérimenté sur deux poïkilothermes : la Grenouille verte et la Tortue. Chez ces animaux, les échanges respiratoires ont été mesurés (méthode de confinement pour la Grenouille, méthode de Haldane pour la Tortue), d'abord après inanition prolongée, ensuite après large couverture des besoins par alimentation composée uniquement soit d'amidon, soit de graisse, soit de viande.

Le détail des techniques et l'exposé de l'ensemble des résultats seront réunis dans un prochain Mémoire. Dans le tableau ci-dessous, nous avons relevé, à titre d'exemple, les moyennes des résultats expérimentaux pour un animal de chaque espèce. Les échanges sont évalués en petites calories par kilogramme d'animal et par heure.

Température en deg. C.	Inanition. — Calories par kg-heure.	Amidon. Calories par kg-heure.	Amidon. Augment. en pour 100.	Graisse. Calories par kg-heure.	Graisse. Augment. en pour 100.	Viande. Calories par kg-heure.	Viande. Augment. en pour 100.
			Grenouille.				
7-8...	107,45	102,87	—4,2	121,36	13,0	141,44	31,5
19....	372,34	377,09	+1,2	422,53	13,4	487,10	30,5
24....	457,91	445,26	—2,7	527,93	15,4	613,80	34,0
32....	639,78	616,91	—2,0	730,48	14,1	869,36	35,8
			Tortue.				
26-27..	174,9	180,0	+2,8	193,5	10,6	234,9	34,2
30....	201,9	210,5	+4,2	»	»	269,0	33,2
35....	280,8	285,3	+1,6	309,9	10,3	388,1	38,2
37....	331,56	333,6	+0,6	»	»	450,8	36,0
39-40.	375,8	376,2	0	»	»	494,4	31,6

Ces résultats répondent sans la moindre équivoque à la question posée : la perte d'énergie correspondant à l'action dynamique spécifique, chez les animaux n'ayant aucun besoin de calorification, reste rigoureusement la même quelle que soit la température extérieure.

C'est donc une nouvelle démonstration du fait que l'action dynamique spécifique consiste en une production d'extra-chaleur utilisable seulement dans le cas des organismes homéothermes dont la marge de thermogenèse est largement découverte et perdue dans tous les autres cas : poïkilothermes ou homéothermes placés au point de neutralité thermique.

On remarquera en outre que les valeurs observées chez les poïkilothermes étudiés (augmentation des échanges de 12 ponr 100 en moyenne avec les graisses, de 35 pour 100 avec les protéiques) sont les mêmes que celles déterminées par Rubner chez les homéothermes; preuve nouvelle que l'action dynamique spécifique n'est pas la conséquence d'un processus d'excitation mais consiste en une perte d'énergie au cours de l'utilisation, perte d'énergie évidemment identique chez tous les êtres vivants.

Physiologie. — *Influence des électrolytes du milieu sur les échanges gazeux des Mousses.* Note de **MM. André Mayer** et **L. Plantefol**, présentée par M. M. Molliard.

Étant donnée l'influence considérable que la composition du milieu en électrolytes exerce sur certaines propriétés fondamentales de la cellule et notamment sa perméabilité, il y a lieu de rechercher si cette composition influe aussi sur les oxydations cellulaires. Au cours de nos études sur la respiration des Mousses (1), nous avons été amenés à envisager cette question.

Technique. — Pendant une partie de leur vie, les Mousses fonctionnent comme organismes plongés dans l'eau. Nous nous sommes donc cru fondés à immerger des lots de Mousses dans les solutions de divers électrolytes, puis à les essorer, en leur conservant leur imbibition maxima, et à examiner alors leurs échanges respiratoires, en les comparant avec ceux qu'elles présentaient à l'imbibition maxima avant l'immersion dans la solution d'électrolyte.

Nous avons étudié l'action de $NaCl$, NO^3Na, SO^4Na^2, SiO^3Na^2, PO^4Na^3, $CH^3.COONa$, — $NaCl$, KCl, $CaCl^2$, — SO^4Na^2, $(SO^4)^3Al^2$, $(SO^4)^2La$, à diverses concentrations entre $\frac{N}{1000}$ et N, et de HCl, NO^3H, SO^4H^2, PO^4H^3 ainsi que des acides acétique, butyrique, citrique et picrique à diverses concentrations entre $\frac{N}{20000}$ et $\frac{N}{10}$.

Nous avons mesuré l'oxygène consommé et l'acide carbonique produit.

Résultats expérimentaux. — A. *Intensité des oxydations.* — D'une façon générale, les solutions salines exercent une action sur la respiration et cette

(1) *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 1385; **179**, 1924, p. 204; *Annales de Physiologie et de Physicochimie biologique*, **1**, 1925, p. 64-84, 233-238, 239-279, 361-393.

action est toujours de même sens. La respiration est augmentée pour certaines concentrations, puis pour des concentrations plus fortes, diminuée. L'augmentation peut être assez importante et peut porter l'intensité respiratoire de 100 à 256, 210, 208, 188, 179.

Les différents sels d'un même anion n'agissent pas également : le maximum de leur action se produit pour des concentrations différentes; par exemple $\frac{N}{25}$ pour NO^3Na, $\frac{N}{10}$ pour SO^4Na^2 et PO^4Na^3, $\frac{N}{2}$ pour $NaCl$ et CH^3CO^2Na; d'autre part, le maximum atteint n'est pas toujours le même; mais il est du même ordre de grandeur.

Certains sels se comportent différemment et, ou bien ne produisent pas d'augmentation des oxydations, ou même (comme $CaCl^2$) les diminuent sans que, pour aucune concentration plus faible, ils les aient augmentées.

Pour des raisons que nous aurons à développer et qui tiennent à la biologie des Mousses, nous avons comparé à l'action des sels celle des acides. Elle se traduit par une courbe analogue à celle de l'action des sels. A partir d'une certaine concentration, les acides augmentent les oxydations jusqu'à un maximum. Les concentrations plus élevées abaissent l'intensité des échanges.

Les concentrations actives des acides sont beaucoup plus faibles que les concentrations actives des sels $\left(\text{maximum des oxydations pour } NaCl\ \frac{N}{2} \text{ et } HCl\ \frac{N}{300}\right)$.

B. *Nature des oxydations.* — L'étude du quotient respiratoire montre que dès que la concentration des électrolytes s'élève assez pour porter l'intensité des échanges à son maximum, le quotient respiratoire se rapproche de l'unité ou l'atteint. Au contraire, quand les échanges diminuent, le quotient s'éloigne de l'unité. Ainsi la composition du milieu influe non seulement sur l'intensité, mais sur la nature des échanges.

C. *Durée de l'action exercée par les électrolytes.* — Lorsque l'intensité des échanges a été augmentée sous l'influence des sels, cette augmentation est assez durable et continue pendant plusieurs jours. Il en est de même pour l'excitation produite par les faibles doses d'acides. Quand les concentrations en acides minéraux sont assez fortes pour diminuer les échanges, cette diminution est généralement suivie d'une augmentation compensatrice. Ce phénomène ne se retrouve pas pour l'excitation produite par les acides organiques.

La concentration du milieu en électrolytes a donc une action très nette sur l'intensité et la nature des échanges respiratoires des Mousses.

CYTOLOGIE. — *Un facteur physique de mouvement cellulaire pendant la culture des tissus* in vitro. Note de MM. E. **Fauré-Fremiet** et **Robert Wallich**, présentée par M. Henneguy.

I. Lorsqu'un fragment de tissus est mis en culture *in vitro*, on observe au bout de peu de temps l'émigration d'un grand nombre d'éléments cellulaires qui quittent le « transplant » et passent dans le milieu de culture en constituant la « zone d'invasion ». Ce premier phénomène est indépendant de l'accroissement et de la multiplication des cellules, et l'on sait qu'il apparaît dans le simple cas de survie. Les cellules qui passent dans la zone d'invasion sont allongées perpendiculairement à la surface du « transplant » et sont animées d'un mouvement centrifuge par rapport au centre de figure de celui-ci. Outre les phénomènes de thigmotactisme, on a invoqué, pour expliquer ce mouvement radial d'émigration, un cytotropisme négatif à l'égard des substances formées dans la masse du transplant, l'acide carbonique, par exemple.

L'un de nous a observé que des complexes d'amibocytes d'Arénicole ou de *Nephthys*, par exemple, transportés dans une goutte d'eau de mer, pouvaient donner une zone d'invasion, les amibocytes actifs quittant le complexe transplanté en glissant radialement sur les interfaces eau-air ou eau-verre qui limitent la goutte pendant sous le couvre-objet.

L'étude des vitesses de translation montre alors que, tandis que les amibocytes isolés ne présentent que des *mouvements propres absolument désordonnés et dont la vitesse n'excède pas* 10^{μ} *par minute, les amibocytes émigrant d'un complexe présentent un mouvement radial, c'est-à-dire orienté, dont la vitesse est environ dix fois plus grande*. De plus, tandis que dans le premier cas les amibocytes se déforment activement dans toutes les directions possibles autour de leur centre de figure, ils s'allongent dans le second cas et s'étirent sur une grande longueur suivant l'axe du mouvement. Les mêmes faits ont été observés en ce qui concerne la zone d'invasion d'une culture de tissus véritables.

Une telle disposition serait évidemment réalisée si les cellules périphériques d'un transplant étaient soumises, *passivement*, à une *traction* centrifuge.

II. Considérons maintenant les mouvements d'amplitude maximum, qui se passent à l'interface eau-air, dans le cas d'un transplant placé dans un milieu liquide (non structuré) en goutte pendante. La surface libre de la

goutte largement étalée étant au préalable finement saupoudrée de talc, le transplant tombe, lorsqu'on retourne la lamelle de verre, sur l'interface eau-air recouverte de particules; on voit alors celles-ci s'écarter *progressivement* du transplant qui s'entoure d'une auréole claire. Ce phénomène commence presque aussitôt et s'arrête quand la totalité du talc est repoussée aux limites de la goutte liquide. Nous supposerons provisoirement qu'une substance indéterminée diffuse à partir du transplant et s'étale en nappe moléculaire à la surface de l'eau en repoussant le talc.

Les cellules périphériques suivent cet étalement, mais avec un certain retard, en sorte que le front de la zone d'invasion est à une certaine distance du front d'étalement; mais cet étalement est beaucoup plus rapide que les mouvements de cellules propres, et celles-ci se trouvent étirées en direction radiale, *comme si elles étaient entraînées passivement par la nappe moléculaire superficielle.* Cette expérience est particulièrement démonstrative avec les complexes d'amibocytes, et nous l'avons répétée avec des transplants de cœur de Poulet embryonnaire, de peau de fœtus de Cobaye, etc. Par contre, les amas de cellules d'Éponge (obtenus par la méthode de Wilson), qui ne donnent jamais de zone d'invasion, ne déterminent qu'un écartement insignifiant ou nul des grains de talc.

III. Un fragment de cœur de Poulet ou de tout autre tissu embryonnaire ou adulte, préalablement lavé comme pour une mise en culture, étant amené au contact de la surface saupoudrée de talc d'une solution physiologique de NaCl placée dans une grande cuvette, on observe la formation progressive d'une zone d'étalement qui peut s'étendre librement. Nous avons alors utilisé quelques dispositifs employés par Marcelin pour l'étude de la pression superficielle des lames monomoléculaires. Un « piston » formé par une lame flottante paraffinée étant placé à une extrémité de la cuvette, la surface libre talquée est touchée avec une trace d'acide oléique de manière que celle-ci puisse prendre son étalement maximum; la surface correspondante est talquée à nouveau, et le fragment de tissu placé au milieu. Un nouvel étalement progressif se réalise autour de celui-ci. On enlève alors le fragment et l'on comprime à l'aide du piston la couche moléculaire d'acide oléique et la couche centrale provenant du tissu; celle-ci diminue de surface ou revient à son aire primitive suivant que l'on accentue la compression ou que l'on exerce une détente. On est donc en droit de l'interpréter également comme une lame moléculaire. L'étalement centrifuge de cette lame peut entraîner passivement des éléments cellulaires, si toutefois certaines conditions d'adhésivité et de déformabilité de ces éléments sont satisfaites.

ZOOLOGIE. — *Sur la faculté d'enkystement dans l'eau de la larve du* Gordius aquaticus *L.* Note de M. A. Dorier, présentée par M. Ch. Gravier.

Depuis longtemps, on s'est ingénié à expliquer l'accès, dans un hôte terrestre, de la larve des Gordiens qui, comme on le sait, éclôt dans l'eau.

Quelques auteurs partisans d'un hôte intermédiaire, tels que von Linstow (1892) et Blunck (1922) ont pensé que l'hôte définitif, terrestre et carnassier s'infeste en dévorant certains Insectes ou Amphibiens dont les stades aquatiques renferment souvent de nombreuses larves de Gordius enkystées D'autres auteurs admettent que la larve des Gordiens évolue dans un seul hôte chez lequel elle ne pourra parvenir que grâce à sa résistance à l'air humide Muller (1920), ou bien parce que l'hôte est amené accidentellement ou volontairement au contact de l'eau. C'est ainsi que Villot (1891) fait intervenir l'inondation naturelle ou artificielle des prairies et G. May (1919) suppose que certaines Locustides, hôtes du *Gordius robustus* Leidy, vont à l'eau la nuit.

Au cours de recherches que nous poursuivons au Laboratoire de Grenoble sur l'évolution des Gordiens, nous avons eu l'occasion de faire une série d'observations qui nous paraissent de nature à expliquer le passage direct de la larve du *Gordius aquaticus* L. dans un hôte terrestre, sans qu'il soit nécessaire que ce dernier aille à l'eau pour s'infester. Nous avons en effet constaté que la larve du *Gordius aquaticus* L. a la faculté de s'enkyster dans l'eau et de résister ensuite pendant longtemps, même sur l'herbe humide, à la manière des Cercaires, pour reprendre sa vie active dès qu'elle arrive dans un hôte favorable.

Dans le Furon, cours d'eau des environs de Grenoble, on trouve fréquemment des individus adultes de *Gordius aquaticus* L. dont l'hôte normal est ici une larve de Phryganide appartenant au genre *Stenophylax* Kol.

Nous avons recueilli, en septembre, au sein d'un peloton sexuel de *Gordius aquaticus* L. des pontes qui nous donnèrent de nombreuses larves.

Or, tandis que quelques-unes de ces larves restaient en activité pendant plusieurs semaines, la plupart, en moins de 24 heures après leur éclosion, se repliaient sur elles-mêmes et s'entouraient d'une substance hyaline présentant les réactions de la mucine, et produite vraisemblablement par les glandes sécrétrices du début de l'abdomen. Ainsi se forme un véritable kyste ovale, transparent, et mesurant en moyenne $40 \times 28^{\mu}$. A son intérieur,

la jeune larve est enroulée sur elle-même avec sa trompe et ses couronnes de crochets rétractées.

Si l'on traite de tels kystes, même au bout de plusieurs semaines, par le suc digestif d'une larve de Stenophylax, on les voit d'abord se gonfler; et quelques minutes plus tard la larve s'en échappe, dévaginant sa trompe et ses crochets et manifestant une grande activité. On obtient le même résultat, après un temps variable, avec le suc digestif de la larve d'*Epeorus torrentium* Etn., *Pachytylus cinerascens* Fieb., *Stenobothrus* sp. et *Procrustes coriaceus* L. ce dernier, hôte normal et terrestre de *Gordius aquaticus* L. De jeunes *Physa fontinalis* L. et *Planorbis carinatus* O. F. Mull. placées dans un récipient contenant des kystes, ont montré, 48 heures plus tard, des larves en activité dans différentes parties de leur corps, notamment dans le pied et la glande génitale.

Nous avons pu également nous assurer que les kystes conservaient leur vitalité pendant plusieurs semaines aussi bien à l'air sur un brin d'herbe ou de mousse, que dans l'eau.

Conclusions. — 1° La larve du *Gordius aquaticus* L. est capable de s'enkyster dans l'eau immédiatement après sa sortie de l'œuf;

2° Le kyste peut résister plusieurs semaines dans l'eau ou à l'air humide et, au bout de ce temps, mettre sa larve en liberté sous l'action du suc digestif de l'hôte approprié. Ainsi est rendue possible l'infestation directe des hôtes terrestres du *Gordius aquaticus* L., venant simplement pâturer sur des détritus exondés, et sans qu'il soit nécessaire de faire intervenir un bain forcé ou un hôte intermédiaire.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Réaction du liquide blastocœlien chez le pluteus d'Oursin dans la première phase du développement.* Note (1) de MM. **L. Rapkine** et **M. Prenant**, présentée par M. F. Mesnil.

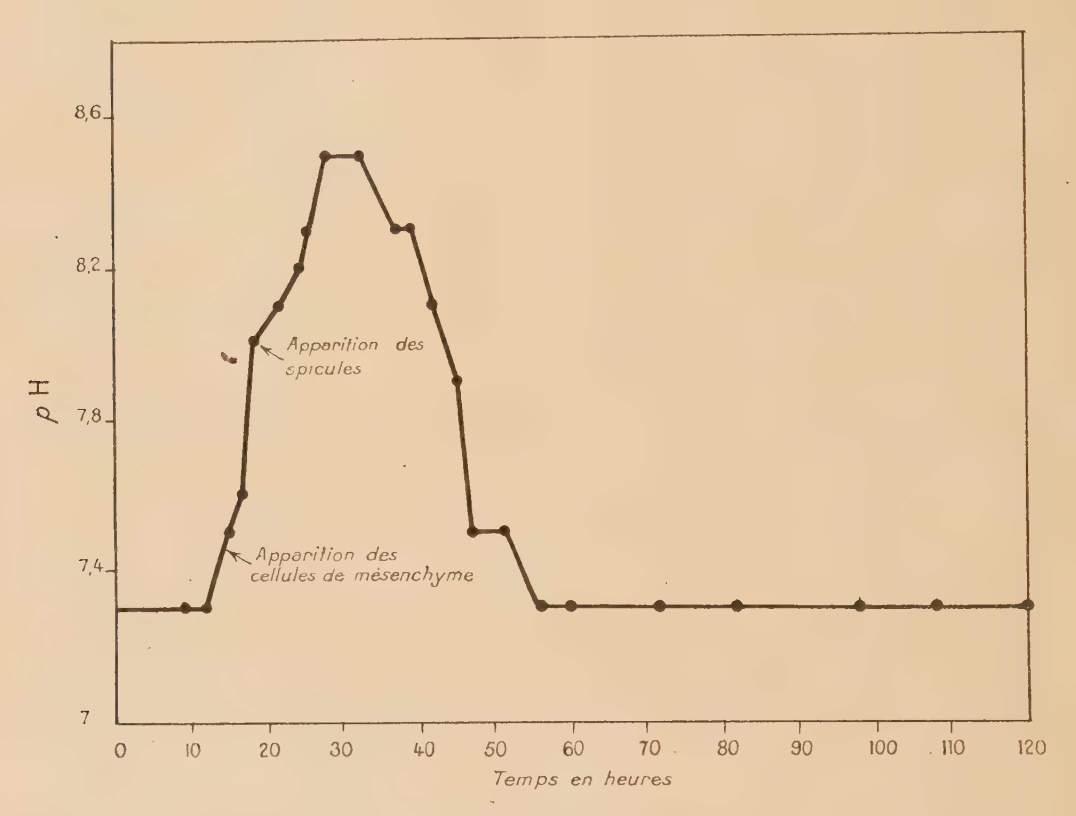
Nous avons étudié, par microinjection de colorants de la série de Clark pour la mesure du pH, la réaction de milieu du liquide blastocœlien chez les larves d'Oursins. Les précautions prises autour de ces opérations étaient les mêmes que celles déjà décrites (2).

Les variations du pH au cours du développement chez *Paracentrotus lividus* Lamarck sont données en fonction du temps par la courbe ci-après. Dans la blastula, et jusqu'à la formation du mésenchyme primaire,

(1) Séance du 7 décembre 1925.

(2) L. Rapkine et A. Dambovideanu, *C. R. Soc. Biol.*, 93, 28 novembre 1925, p. 1346.

le pH reste constant; sa valeur est de 7 à 7,3, suivant le pH exact de l'eau de mer ambiante, aux environs de Roscoff. A partir de la formation du mésenchyme primaire (c'est-à-dire, à peu près, du début de la gastru-



lation), il s'élève d'abord brusquement (en 6 heures environ) jusqu'aux environs de 8, puis plus lentement (en une dizaine d'heures) jusqu'à 8,5. C'est au moment où il atteint 8 qu'apparaît la première indication des spicules calcaires. Une fois monté à 8,5, le pH reste constant pendant 5 heures environ, puis redescend en 24 heures à peu près à sa valeur initiale, voisine de la neutralité. Il y reste ensuite, au moins jusqu'à la 120e heure du développement. Nous ne l'avons pas suivi au delà.

Il est clair que la montée et la descente de la courbe sont en rapport avec le dépôt du calcaire. La chute de pH est un phénomène nécessairement corrélatif de la précipitation de calcaire. Pour interpréter l'élévation de pH qui la précède, il faut considérer séparément les cellules du mésenchyme et le liquide blastocœlien; nous ne pouvons étudier la réaction du milieu que dans ce dernier, mais les premières jouent dans l'élaboration du calcaire un rôle actif, comme le montre leur étude cytologique. L'ap-

parition de ces cellules coïncidant exactement avec le début de l'élévation du pH, il est probable que ce sont elles qui déclenchent celle-ci par absorption de gaz carbonique. A partir du moment où le calcaire se dépose, à cette absorption se superpose le phénomène de précipitation, qui tend à abaisser le pH; mais les deux processus sont d'abord simultanés, parce que l'activité des scléroblastes se poursuit dans les mêmes conditions après l'apparition de la première ébauche spiculaire. C'est ainsi que la courbe monte d'abord plus lentement, puis présente un palier, avant de commencer à descendre.

Chez les larves d'*Echinocardium cordatum* (Pennant), où apparaît en outre, vers la 36e heure, la pièce calcaire apicale, spéciale aux Spatangides, la courbe des pH coïncide exactement avec celle de *Paracentrotus lividus*, et par conséquent la pièce apicale d'*Echinocardium* semble être physiologiquement équivalente aux renflements apicaux des baguettes du corps chez *Paracentrotus*, renflements qui se font vers la même époque, par accumulation des mêmes scléroblastes, et qui manquent chez *Echinocardium*.

A noter encore que les pièces calcaires, formées de calcite, du pluteus, commencent à s'ébaucher à un pH de 8 environ; or, d'après des essais en cours, il semble bien que les pH voisins de 8 sont justement ceux où la cristallisation à l'état de calcite se fait de façon optima.

Enfin les données précédentes mettent en évidence l'intervention du liquide blastocœlien dans le dépôt du calcaire; il ne faudrait donc pas attribuer à cet égard, comme l'a fait Runnström ([1]), une importance trop exclusive aux anastomoses intercellulaires, et négliger les phénomènes qui se passent dans le liquide blastocœlien.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les pertes d'azote dans l'épuration des eaux d'égout par le procédé des boues activées.* Note de M. **Lucien Cavel**, présentée par M. A.-Th. Schlœsing.

On sait que dans l'effluent épuré des eaux d'égout par le procédé des lits bactériens, on ne retrouve jamais sous forme de nitrates et de nitrites la totalité de l'azote préexistant dans l'eau brute. Il manque toujours quelque chose au bilan de l'azote.

Dans le procédé des boues activées, il y a aussi des pertes, dont j'ai voulu mesurer l'importance. Mais comme celles-ci sont difficiles à saisir, en raison

---

([1]) *Ann. Inst. Océanogr.*, 6, 1914, f. 5, p. 1-185.

des faibles quantités d'azote en présence, j'ai augmenté artificiellement, pour plus de précision, la dose d'azote, en faisant agir la boue activée sur de l'eau d'égout additionnée de composés ammoniacaux en solutions connues. A cet effet, j'ajoute à un volume déterminé d'eau d'égout, renfermant 20 pour 100 de boue activée, une certaine quantité de solution titrée de $SO^4(AzH^4)^2$ à 2^g par litre, par exemple 10^{cm^3}; puis j'insuffle de l'air jusqu'à élimination totale de l'ammoniaque constatée au réactif de Nessler. L'opération est ainsi renouvelée autant de fois qu'il est nécessaire, pour arriver à ce que la disparition de l'ammoniaque soit rendue impossible par la formation des acides libres formés, ainsi que je l'ai précédemment démontré ([1]).

En opérant de cette façon, avec une marche ininterrompue, on arrive à obtenir un liquide assez riche en produits d'oxydation de l'azote, dans lequel, s'il n'y avait pas de pertes, on devrait retrouver tout l'azote préexistant et celui qui a été introduit artificiellement.

De nombreuses expériences ont été ainsi faites, avec les sels suivants : AzH^4Cl, $SO^4(AzH^4)^2$, $CO^3(AzH^4)H$, AzH^4Fl, et solution de AzH^3. Puis, comparant les quantités de nitrates et nitrites obtenues, j'arrive à trouver des pertes dépassant 40 pour 100.

Voici un exemple représentant la moyenne de quatre expériences faites avec $SO^4(AzH^4)^2$:

	Résultats exprimés en milligrammes d'azote.
Azote total à l'origine dans le mélange eau-boue...........	189,28
Azote ajouté au cours des essais sous forme de $SO^4(AzH^4)^2$...	119,50
Total de l'azote engagé........	308,78

On retrouve à la fin :

Azote organique dans le mélange eau-boue	95,20
Azote des nitrates et nitrites..........................	74,60
Azote ammoniacal restant..........................	8,00
Total de l'azote retrouvé........	177,80
Azote manquant	130,98

Ce qui représente une perte de 42,4 pour 100 de l'azote engagé. Ce chiffre tombe dans les limites de ceux qui ont été obtenus autrefois par Müntz et Lainé ([2]). Il est intéressant à considérer en ce sens qu'il confirme d'une façon inattendue, par un procédé qui était inconnu à l'époque où ces savants

([1]) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 1095.

([2]) *Comptes rendus*, 146, 1908, p. 53.

firent leurs travaux, les pertes considérables en azote qu'on observe dans l'épuration biologique des eaux d'égout.

Dans l'application industrielle des boues activées, ces pertes se perçoivent moins facilement et n'atteignent généralement pas cette importance, parce que l'épuration n'est pas poussée aussi loin qu'au laboratoire. On écourte autant qu'on le peut le temps de contact de l'eau et de la boue parce que l'énergie coûte cher (insufflation ou agitation mécanique); et l'on se contente d'une clarification suffisante, obtenue par fixation des colloïdes azotés sur la boue activée. On ne vise pas non plus à la disparition totale de l'ammoniaque.

De sorte que dans l'ensemble la transformation des différents azotes est faible.

Il n'en est pas moins vrai qu'au point de vue théorique, la question des pertes d'azote présente un certain intérêt. Comme d'autre part je me suis assuré qu'il n'y avait pas d'ammoniac dégagé dans les expériences précitées, je suis porté à croire que le mécanisme de ces pertes doit vraisemblablement aboutir à l'azote libre, comme dans le cas des lits bactériens.

PATHOLOGIE — *Nouvelles recherches sur les relations entre l'âge et l'apparition des troubles d'avitaminose* C. Note de MM. **G. Mouriquand** et **M. Bernheim**, présentée par M. Widal.

Nous avons montré ([1]) que, devant une même alimentation déficiente (régime du scorbut aigu), les âges ne sont pas égaux. Les animaux jeunes souffrent et meurent plus précocement que les adultes de cette carence.

Mais les résultats de ces expériences s'appliquaient à des animaux dont le poids s'échelonnait entre 200^g et 1300^g, par conséquent entre 1 mois et demi et 18 mois environ.

Nous avons, depuis, cherché à savoir comment se comportaient vis-à-vis de l'avitaminose C les cobayes très jeunes, dont le poids était inférieur à 200^g.

Nos expériences ont porté sur 30 sujets; leur poids variait entre 70^g et 800^g. Les plus jeunes étaient mis en expérience de 15 jours à 3 semaines après la naissance.

Le Tableau suivant montre la date de l'apparition des signes cliniques de scorbut (sensibilité à la pression du genou et crépitation neigeuse) chez ces animaux, soumis au régime de l'avitaminose C (orge et foin) :

([1]) Mouriquand et Michel, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 652.

Apparition de la sensibilité (en jours).

		Chiffres extrêmes.
De 70g à 200g (10 sujets).........	13	11 et 14
De 200g à 400g (10 sujets).........	7,5	6 et 9
De 600g à 800g (10 sujets).........	16,3	13 et 23

Apparition de la crépitation (en jours).

De 70g à 200g (10 sujets)..........	19	16 et 23
De 200g à 400g (10 sujets)........	14,8	13 et 16
De 600g à 800g (10 sujets).........	25,7	23 et 30

Ces résultats confirment le fait, déjà mis en évidence antérieurement, que l'avitaminose C frappe d'une manière bien plus tardive les sujets adultes que les jeunes. Mais ils montrent également que, parmi ces derniers, il faut faire une distinction entre les très jeunes animaux (entre 70g et 200g et les jeunes entre 200g et 400g).

Chez les premiers, en effet, nous avons noté un retard très net à l'apparition des signes de scorbut. Une telle constatation nous avait frappés depuis longtemps, mais il fallait l'étayer sur une expérimentation précise.

Il apparaît donc que si, près de la naissance, l'animal est davantage sensible qu'à l'âge adulte à l'avitaminose C, il offre à cette carence une résistance plus considérable que s'il y est soumis à une période un peu plus avancée de l'existence.

On pourrait dès lors supposer que dans les premiers jours de la vie l'animal possède, en substances minimales, des réserves d'origine maternelle, qui lui permettent de lutter pendant un certain temps contre les troubles provoqués par une alimentation déficiente.

L'hypothèse que nous proposons repose sur des faits expérimentaux bien établis. Mais elle nous paraît d'autant plus intéressante qu'elle cadre avec des observations analogues de la clinique humaine.

On sait, en effet, que chez le nourrisson, les premiers symptômes du scorbut aigu n'apparaissent guère avant l'âge de six mois. Jusqu'à cette période de l'existence, l'enfant présente un terrain qui semble impropre à l'éclosion de l'avitaminose C.

La séance est levée à 16h 10m.

A. Lx.